

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

KÖRDÜĞÜM EVRİM AĞACI

Tellekt

YEPYENİ BİR
YAŞAM TARİHİ

DAVID
QUAMMEN

ÇEVİRİ: AKIN EMRE PİLGİR



KÖRDÜĞÜM EVRİM AĞACI

YEPYENİ BİR YAŞAM TARİHİ

Tellekt_23

Kördüğüm Evrim Ağacı: Yepyeni Bir Yaşam Tarihi, David Quammen

Çeviri: Akın Emre Pilgir

The Tangled Tree: A Radical New History of Life

Bu eserin Türkçe yayın hakları Simon & Schuster, Inc. işbirliği ve Akcalı Telif Hakları Ajansı aracılığıyla alınmıştır.

İlk baskı (çeviride kaynak alınan basım): The Bodley Head, 2018

© 2018, David Quammen

© 2021, Can Sanat Yayınları A.Ş.

Tüm hakları saklıdır. Tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

1. baskı: Mart 2021, İstanbul

Bu kitabın 1. baskısı 2000 adet yapılmıştır.

Yayına hazırlayan: Didem Bayındır

Düzeltili: Melis Ofas

Mizanpaj: Bahar Kuru Yerek

Kapak Tasarımı ve Uygulama: Bora Başkan

İç Kapak Görseli: Bora Başkan

Baskı ve cilt: Türkmenler Matbaacılık Reklam San. ve Tic. Ltd. Şti.

Maltepe Mah. Gümüşsuyu Cad. No: 16-18

Topkapı, İstanbul

Sertifika No: 43087

ISBN 978-625-7118-07-1

Tellekt

tellekt.com • bilgi@tellekt.com

Maslak Mah. Eski Büyükdere Cad. İz Plaza, No: 9/25 Sarıyer / İstanbul

Telefon: (0212) 252 56 75 / 252 59 88 / 252 59 89 Faks: (0212) 252 72 33

Sertifika No: 43514

Tellekt, Can Sanat Yayınları Yapım ve Dağıtım Ticaret ve Sanayi A.Ş.'nin markasıdır.

twitter.com/tellekt • facebook.com/tellekt • instagram.com/tellekt

KÖRDÜĞÜM EVRİM AĞACI

YEPYENİ BİR YAŞAM TARİHİ

DAVID QUAMMEN

ÇEVİRİ:

AKIN EMRE PİLGİR

Tellekt

DAVID QUAMMEN, 1948'de Ohio'da doğdu. Yale ve Oxford üniversitelerinde eğitim aldı. *Outside*, *National Geographic*, *The New York Times Book Review*, *The New Yorker*, *Harper's*, *The Atlantic* gibi dergilerde bilim, doğa ve seyahat yazıları yazan Quammen'in 15 kitabı arasında *The Song of the Dodo* (Do-do'nun Şarkısı), *The Reluctant Mr. Darwin* (Bay Darwin'in Tereddüdü) ve *Spillover* (Taşma) bulunuyor.

AKIN EMRE PİLGİR, 1987'de Denizli'de doğdu. Boğaziçi Üniversitesi Siyaset Bilimi ve Uluslararası İlişkiler Bölümü'nden mezun oldu. İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi'nde doktora eğitimine devam eden Pilgir, serbest tercüman olarak çalışıyor. Zygmunt Bauman kitaplarının yanı sıra Paul D'Amato, Nicholas Whapshott, Peter Frase, Immanuel Ness, Charlie English, James C. Scott gibi yazarların kitaplarını Türkçeye çevirdi.

Ruhumun vekilleri
Dennis Hutchinson ve David Roe'ya

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ: ÜÇ SÜRPRİZ	17
DARWIN'İN KÜÇÜK ESKİZİ	27
AYRI BİR YAŞAM FORMU	69
BİRLEŞMELER VE SATIN ALMALAR	157
BÜYÜK AĞAÇ	221
BULAŞICI KALITIM	279
AĞAÇ BUDAMA SANATI	345
<i>E PLURIBUS HUMAN</i>	405
NOTLAR	497
KAYNAKÇA	507
ÇİZİMLERİN SAHİPLERİ	557
DİZİN	559

TEŞEKKÜR

Bu proje Ford Doolittle'ın çalışmalarını, özellikle 1999'da *Science*'da yayımlanan ve benim geç bir şekilde 2013'te keşfettiğim yazısını okumamla başladı. Doolittle'ın yazıları beni birden fazla yöne soktu. Bunların içinde en önemlisiyse 30 Aralık 2012'de ölen Carl Woese'in çalışmalarıydı. Bu yazıları takip ettiğimde, daha geniş bir konu olarak moleküler filogenetik ile yaşam ağacı fikrinin radikal bir şekilde yeniden masaya yatırılmış olması, karşıma içi Neolitik dönemin dudak uçuklatıcı kaya resimleriyle dolu ve aniden fenerle aydınlatılmış uçsuz bucaksız bir kireçtaşı mağarası gibi çıkmıştı. Attığım ilk aktif adım Doolittle'la temasa geçmekti ve kendisi en başından itibaren projenin izleyeceği yola gereğinden fazla etki etme çabasına girmeksizin çalışmaya çok yardımcı oldu ve çok cömert davrandı. Halifax'te ve başka yerlerde çeşitli vesilelerle bir araya gelip günlerce röportaj yaptık. Kitabın taslağını baştan sona okudu ve yine öznel yargılarımla vardığım sonuçlar için lobicilik yapmaya çalışmadan aktarılan bilgileri daha doğru kılacak düzeltmeler önerdi. Teşekkür ederim Ford.

Tarihçi Jan Sapp da bana birkaç yolla yardımcı oldu: En başta harikulade kitabı *The New Foundations of Evolution* [Evrimin Yeni Temelleri] gibi yayımlanmış eserleriyle; uzun röportajlar vererek ve benimle sadece Carl Woese ve Lynn Margulis'le ilgili anılarını değil (her ikisini de iyi tanıyordu) birtakım özel e-posta yazışmalarını da

paylaşarak yardım etti. Çok farklı kitleler için yazmamıza ve çok farklı üsluplar kullanmamıza rağmen Sapp görüşleri veya açıklamaları için kendisini aradığımda cömert desteklerini hiç esirgemeyen ve hep samimi biriydi.

İkisi de moleküler filogenetik alanının dışında yer alsalar da biyolojik debdebelere son derece hâkim olan ve yakın arkadaşım olan şu iki biliminsanı kitabın taslağını baştan sona okuyup tavsiyeler verdiler: Mike Gilpin (*The Song of the Dodo*'dan* bu yana sürekli danışmanlığından yararlandığım sadık biyologum) ve Dave Sands.

Ayrı bir grup insan bana çifte iyilik yaptı: Yıllar içinde uzun röportajlar için benimle bir araya geldiler, e-postalarımı yanıt verdiler veya telefonlarımı açtılar. Ardından da bilgilerin doğruluğu için taslağın belli bölümlerini okudular, bana notlarını iletiler ve hayati düzeltmeler yaptılar: Linda Bonen, Jim Brown, Julie Dunning Hotopp, Thijs Ettema, Cedric Feschotte, George Fox, Larry Gold, Peter Gogarten, Nigel Goldenfeld, Mike Gray, Jonathan Gressel, Thierry Heidmann, Jim Lake, Jeffrey Lawrence, Stuart Levy, Harris Lewin, Ken Luehrsen, Bill Martin, Harry Noller, Norman Pace, Debbie Piper, Julie Russell, Dorion Sagan, Mitch Sogin, Jake Turnbull, Charlie Vossbrinck, Blake Wiedenheft ve Ralph Wolfe. George Fox ayrıca benimle Woese ve diğerleriyle birlikte yazdıkları 1980 tarihli “Big Tree” [Büyük Ağaç] makalesinin bir dizi çalışma taslağını paylaştı.

Sırnaşık merakıma müsamaha göstermiş birçok biliminsanı arasında özellikle dördüne teşekkür etmek istiyorum çünkü bu insanlar zamanlarını, düşüncelerini ve sabırlarını cömertçe benimle paylaştılar. Ancak tamamen yapısal ve odak konusuyla ilgili gerekçelerden dolayı, bu kitapta çalışmalarından çok az bahsedildi ya da hiç bahsedilmedi: John McCutcheon, Gary Olsen, Jonathan Eisen ve Eugene Koonin. Örneğin Şili’de John McCutcheon ve meslektaşlarıyla on gün geçirdim. Bu süreçte post-doktora adayı Piotr Lukaszik’in yönettiği saha çalışmasını gizlice takip etmiştim (yani kelebek ağlarıyla ağustosböceklerinin kovalanması). Belli ağustosböceklerin-

de bakteriyel endosembiyonların genomları aranıyordu. Bu çalışma McCutcheon'un laboratuvarının genel odak noktalarından biriydi: Belli böceklerin endosembiyonları içine yerleşmiş genomlar ve gen transferleri, bu yerleşikliğın ve genom azalmasının genel olarak endosimbiosis hakkında, hatta mitokondrinin endosimbiyotik kökenleri hakkında işaret edebileceğı şeyler. McCutcheon'un çalışmaları son derece hayranlık verici ve önemli olsa da, elimdeki konuyla ilişkisi, okuyucularımdan takip etmeye çalıştığım yere peşimden gelmelerini isteyemeyeceğim kadar karmaşıktı. Çok yazık olmuştu: Şili adeta tablo gibiydi. Dahası McCutcheon'un ekibi ve sohbeti, Şili'deki biftekler ve biralar kadar muhteşemdi.

Aynı şekilde bir haftamı California, Davis'te geçirdim. Jonathan Eisen'in (büyük bir amfide yüzlerce öğrenciye) "Biyçeşitlilik ve Yaşam Ağacı" başlığıyla verdiği biyolojiye giriş dersini izledim. Her gün derslerden sonra, Eisen'le filogenetik, evrim, beyzbol ve kitaplar hakkında konuştuk. Son günümde beni yakınlarda korunan ve sevdiği sulak alanlardan birine kuş gözlemi yapmaya götürdü. Bir an bana şöyle dedi: "Bak, şurada beyaz yüzlü çeltik kargası var!" Laboratuvarının web sitesinde "Bütün mikroplar, her zaman" sloganı yazan bu biyoloğun makrofaunayla da ilgilendiğini görmek içime su serpmişti. Urbana'da birlikte geçirdiğı yıllarda Carl Woese'in en yakın çalışma ortaklarından biri olmuş Gary Olsen, sabırla beni yine bu kitaba hiç dahil edilmemiş bir dolu fikir ve anı içinde gezintiye çıkardı. Eugene Koonin'in mikrobik genomlar ve evrimle ilgili geniş kapsamlı düşünceleri ilgimi öyle çok çekti ki, Bethesda'daki ofisinde yaptığımız ilk röportajdan sonra *The Logic of Chance* [Şansın Mantığı] adlı kitabını okuyup ikinci bir görüşme için yanına gelmek istediğimi söyledim. Aylar sonra tekrar yanına gittim ve bu kitapta yaptığım iki ziyaretten bahsetmesem de, Koonin'le yaptığım sohbetler projenin bana kattığı en büyük tali ayrıcalıklardan biri oldu.

Araştırmalarıma yardımcı olan, laboratuvarları ve ofislerine yaptığım ziyaretlerinde beni hoş karşılayan ve sıkıntı verici sorgulamalarıma misafirperver yanıtlar veren diğer isimlerin listesi çok daha uzundur ve en iyi coğrafi olarak düzenlenebilir. Onları bu bağlama yerleştirmek için birkaç ismi tekrar anacağım; Amerika Birleşik Dev-

letleri ve Kanada'dan: Eric Alm, John Archibald, Jillian Banfield, Linda Bonen, Austin Booth, Seth Bordenstein, Jim Brown, Tyler Brunet, Ford Doolittle, Laura Eme, Mark Ereshefsky, Cedric Feschotte, Greg Fournier, George Fox, Bob Gallo, Peter Gogarten, Larry Gold, Nigel Goldenfeld, Mike Gray, Jacob P. Johnson, Patrick Keeling, Jim Lake, Jeffrey Lawrence, Harris Lewin, Stuart Levy, Linda Magrum, Joanne Manaster, Carlos Mariscal, Harry Noller, Maureen O'Malley, Norman Pace, Debbie Piper, David Relman, Andrew Roger, Mitch Sogin, Ray Timpone, Charlie Vossbrinck, Blake Wiedenheft ve Ralph Wolfe. İngiltere'den: Tom Cavalier-Smith, Matthey Cobb, Martin Embley, James McInerney, National Institute for Biological Standards and Controls'dan* bazı insanlar ve içlerinde Isobel Atkin, Miles Carroll, Ana Deherr-Graham, Stgeve Grigsby, Ayuen Lual, Hannah McGregor, Jodie Roberts, Jane Shallcross ve yine Julie Russell'la Jake Turnbull'un olduğu National Collection of Type Cultures** çalışanları. Almanya'dan: Christa Schleper ve elbette Bill Martin. Fransa'dan: Thierry Heidmann. İsrail'den: Jonathan Gressel. İsveç'ten: Thijs Ettema. Şili'den: Piotr Lukasik ve Claudio Veloso'nun yanı sıra John McCutcheon.

Champaign-Urbana'da Illinois Üniversitesi'nde Christopher Prom ve meslektaşları, özellikle de üniversitenin arşivinde çalışan John Franch beni çok hoş karşıladılar ve yardımcı oldular. Carl R. Woese Institute for Genomic Biology'de*** Müdür Gene Robinson ve asistanı Kim Johnson etkinliklere, temas kurulacak kişilere ve malzemelere erişmemi sağladılar. Enstitüde yapılan bu etkinliklerden biri sayesinde –bir anma sempozyumu– Carl Woese'in kız kardeşi Donna Daniels'le tanıştım. Bayan Daniels sonrasında e-posta aracılığıyla hazırladığım soru listesine yanıtlar verdi ve cana yakın bir biçimde sevgili ağabeyiyle ilgili anılarıyla aile geçmişini paylaştı. Carl Woese'in eski eşi Gabriella Woese ve oğlu Robert Woese, nazik bir biçimde yayımlamadığı yazılardan alıntılar yapmama izin verdiler.

Ulusal Biyolojik Standartlar ve Denetimler Enstitüsü. (Ç.N.)

** Ulusal Tip Kültürleri Koleksiyonu. (Ç.N.)

*** Carl R. Woese, Genomic Biology Enstitüsü (G.N.) <https://www.genomicbiology.org> <https://www.genomicbiology.org>

Meslektaşlar yazarlar için de önemli kişilerdir. Çalışmaları, bilgileri ve dostluklarıyla bu çabamda bana özellikle yardımcı olmuş dört isimden bahsedeceğim: Carl Zimmer, Ed Yong, Dorion Sagan ve Barry Lopez.

Simon&Schuster'dan Bob Bender editörlüğüyle kitaba harikulade derecede keskin bir zekâ ve değer kattı. Yazarı kastettiği şeyleri daha açık hale getirmesi, temposunu daha sabit tutması ve okuyucuyla daha dostane ilişki kurması için yönlendiren eski moda bir editörlük. Hayati ve güler yüzlü işbirlikleri için Bob ve Jonathan Karp'tan Johanna Li'ye tüm meslektaşlarına minnettarım. Philip Bashe de keskin gözleriyle yazılanların düzeltmesini yaptı.

ICM'deki temsilcim Amanda Urban, yasal savunuculuğu ve yine doğru projeye doğru yeri seçmemde yardımcı olan danışmanlığıyla fevkalade büyük bir rol oynadı.

Emily Krieger yaptığım hatalara karşı yine benim en büyük savunucum oldu çünkü bu kitabı yorulmak bilmez bir titizlikle hızla gözden geçirdi. Gloria Thiede bir kez daha (artık 30 yıl oldu) esrarlı ve mırıltılarla dolu uzun sohbet kayıtlarını, bir yazarın kesip biçebileceği ve kullanabileceği şekilde yazıya döktü. Ve şaşı olma riskini alarak kaynakçayı yazıya geçirdi. Bir araya gelen bu iki kadın beni çok daha yavaş çalışmaktan ve daha budalaca hatalar yapmaktan kurtardı.

Montana'daki evimde eşim Betsy hâlâ benim ilk danışmanım, yeni fikirlerimi paylaşıırken en çok güvendiğim deneme tahtam, gücümün ve sevgimin en büyük sembolü. Ayrıca diğer memelilerden evlat edindiğimiz yavruların annesi. Yaşlı köpeklerimiz Harry, Nick ve Stella bu projenin başlangıcını gördüler ama bitişine tanık olamadılar. Daha küçük olan Steve ve Manny ise şimdi ayakta kalıyorlar. Kedimiz Oscar da onlara uyuyor.

GİRİŞ

ÜÇ SÜRPRİZ

Evrendeki yaşam bildiğimiz kadarıyla ve aksini ne kadar canlı bir şekilde hayal edersek edelim, Dünya gezegeniyle sınırlı özel bir fenomendir. Bol miktarda spekülasyon yapılmasına ve olasılıksal hesaplamalara kafa yorulmasına karşın aksini gösteren hiçbir kanıt yoktur. Matematiksel ihtimaller ve kimyasal koşullar görünüş itibarıyla başka yerlerde de yaşamın olabileceğine işaret etmektedir. Fakat böyle olsa bile, bu tarz alternatif bir yaşamın gerçekliği, şimdiye dek herhangi bir incelemeye konu olmamıştır. Bir tahminden ibarettir. Oysa dünyadaki yaşam gerçek bir olgudur. Yarın, gelecek yıl veya sizler ve ben öldükten çok sonra dünya dışı varlıkların olduğunu gösterecek hayret verici bir keşif Dünya'nın eşsizliğiyle ilgili bu izlenimi çürütebilir. Ama şimdilik elimizde sadece bu var: Yaşam sadece burada, orta halli bir galaksinin önemsiz bir köşesinde, görece küçük bir kaya parçası üzerinde açığa çıkmış bir öyküdür. Tüm bilgilerimiz ışığında sadece bir kez açığa çıkmış bir öyküdür.

Bu öykünün biçimi bundan dolayı hem genel hatlarıyla hem de ince ayrıntılarıyla ilgi çekici bir konudur.

Kabaca dört milyar yıllık bir süreç içinde, ne oldu da yaşam ilkel kökenlerinden filizlenip bugün gördüğümüz çeşitlilik ve karmaşaya kavuştu? Bu nasıl oldu? Tesadüfler ve belirlenimler nasıl yan yana geldi de insanlar, mavi balinalar, tiranozorlar ve dev sekoya ağaçları gibi harikulade yaratıkları yarattı? Evrim tarihi içinde önemli dönüşümlerin, umulmadık yakınsamaların, çıkmaz sokakların, toplu yok oluşların, büyük olayların ve büyük sonuçlar yaratmış küçük olayların yaşandığını biliyoruz. Bunların içinde yaşandıklarını gösteren bulguları sinsi bir biçimde fosil kayıtlar ve yaşayan dünyanın geneline bırakmış kimi vahim tesadüfler de vardır. Düşünce deneyi yapıp bu birkaç tesadüfü değiştirdiğinizde her şey farklılaşır. Var olmayız. Hayvanlar ve bitkiler var olmazlar. Neden bu şekilde olmuştur da başka şekilde olmamıştır? Dinler bu tür sorulara cevaplar vermişlerdir fakat bilim için yanıtların keşfedilmesi ve kutsal bir esrime içinde kabul etmek yerine ampirik bulgularla desteklenmesi zorunludur.

Bu kitap, bu öykünün yeni bir yöntemle anlatılması, yeni yöntemlerle çıkarımlarda bulunulması ve bu yeni yöntemle ulaşılmış belli başlı ve beklenmedik kavrayış zeminleri üzerine bir eserdir. Bu yöntemin bir adı vardır: Moleküler filogenetik. İsterseniz bu süslü tabire burun bukebilirsiniz ve ben de sizinle aynı şeyi yaparım ama aslında anlamı gayet basittir: Yaşamın derin tarihini ve ilişkiler arasındaki örüntüleri, bugün canlı yaratıklarda varlıklarını sürdürdükleri için belli uzunluktaki moleküllerde bulunan kurucu birimlerin dizileri içinden okuma. Söz konusu moleküllerse esas olarak DNA, RNA ve birkaç seçkin proteindir. Kurucu birimler nükleotit bazlar ve aminoasitlerdir (bunların tanımları yapılacaktır). Beklenmedik kavrayış zeminleri kendimiz de dahil olmak üzere canlıların işlevsel parçaları ve yaşam hakkında bildiğimizi sandığımız şeyleri kökünden değiştirmiştir. Özellikle (biz çokhücreli hayvanların ve özellikle biz insanların) kim olduğumuz, ne olduğumuz ve gezegenimizde yaşamın nasıl evrildiği hakkında üç büyük sürpriz yaşanmıştır.

Bu üç sürprizden biri önceden şüphe edilmeyen ve bugün arke [Archaea] olarak bilinen anormal bir varlık türüyle, apayrı bir yaşam kategorisiyle bağlantılıdır. (Resmî bir taksonomik kategori olarak kullanıldığında isimleri büyük harfle kullanılır: Arke.) Bir diğeri

yine şüphelenilmeyen ama yatay gen transferi olarak bilinen kalıtsal değişim tarzıdır. Üçüncüsüye en eski atalarımız hakkında önemli bir gerçeğin açığa çıkması, yahut güçlü bir olasılığın belirginleşmesidir. Bizler, yani insanlar muhtemelen 40 yıl öncesine kadar var olduğu bile bilinmeyen yaratıklardan geldik.

Uzun süre bakterilerin alt gruplarıyla karıştırılan arkenin keşfi ve tanımlanması, mikrobik düzeyde günümüzdeki yaşamın, bilimin daha önce tarif ettiklerinden çok farklı olduğunu ve yaşamın erken dönemlerinin de farklı olduğunu açığa çıkardı. Yatay gen transferinin (uzmanların alfabe çorbasıyla YGT) yaygın bir fenomen olarak kabul edilmesi, genlerin sadece dikey olarak atadan soya aktarıldığını ve türsel sınırları aşacak şekilde yanlamasına değiş tokuş edilemeyeceğini söyleyen geleneksel kesinliği tersyüz etti. Arkeyle ilgili son haber, çekirdeklerinde DNA taşıyan hücrelerden oluşmuş tüm hayvanların, tüm bitkilerin, mantarların ve diğer tüm karmaşık yaratıkların (bu listeye biz de dahiliz) bu tuhaf, kadim mikroplardan türediğidir. Belki. Bu bir bakıma zınk diye büyük büyük büyükbabanızın Litvanya'dan değil Mars'tan geldiğini öğrenmek gibi bir şey.

Birlikte değerlendirildiğinde bu üç sürpriz çok derin ve yeni belirsizlikleri açığa vurmakta ve insan kimliği, insanın bireyselliği, insan sağlığı hakkında büyük çağrışımlar doğurmaktadır. Artık tam anlamıyla sandığımız kişiler değiliz. Kompozit yani bileşik yaratıklarız ve görünen o ki, atalarımız yaşayan dünyanın karanlık bir bölgesinden, bilimin yakın dönemlere kadar haberdar dahi olmadığı yaratıkların arasından gelmiştir. Evrim fark ettiğimizden çok daha aldatıcı ve karmaşıktır. Yaşam ağacı adeta kördüğümdür. Genler sadece dikey hareket etmemektedirler. Aynı zamanda yanlamasına, türsel sınırlardan, geniş boşluklardan, hatta yaşamın farklı krallıklarından dahi geçebilmektedirler. Dahası bazıları yandan beklenmedik, primat dışı kaynaklardan bizim (primatların) soyumuza girmiştir. Bu kan naklinin genetik karşılığı veya (bazı biliminsanlarının tercih ettiği farklı bir metaforla) kimliği dönüştüren bir enfeksiyondur. “Bulaşıcı kalıtsallık.” Yeri geldiğinde bu konu üzerinde daha fazlasını aktaracağım.

Yeri gelmişken enfeksiyondan konuşacak olursak, bu yatay gen

hareketinin yarattığı bir başka sonuç, antibiyotiklere dirençli bakterilerin yarattığı küresel ve tıbbi güçlüklerle bağlantılıdır. Bu şimdi sessiz olsa da gürültülü olması kaçınılmaz bir krizdir. MRSA gibi (metisiline dirençli *Staphylococcus aureus** her yıl ABD’de 11.000’den fazla insanı, dünya genelinde ise binlerce insanı öldürmektedir) tehlikeli böcekler, yatay gen hareketi sayesinde tamamen farklı türden bakterilerden, ilaçlara dirençli genleri ani bir şekilde kazanabilmektedir. Bundan dolayı birden fazla ilaca dirençli olan süper böcekler (öldürülemeyen bakteriler) dünyaya bu kadar hızlı bir şekilde yayılmışlardır. Böyle pratik ve derin gerçeklerin açığa çıkmasıyla bizler, birdenbire insan olarak kim olduğumuzla, bizi neyin yarattığıyla ve canlı dünyanın nasıl çalıştığıyla ilgili temel algılarımızı bu gerçeklere uyarlama güçlüğüyle karşılaştık.

Biyolojik düşünce içinde yaşanan bu radikal sıfırlanma hali, zaman ve mekân içinde birden fazla başlangıç noktasından türemiş bir gelişmedir. Bunlardan biri ve belki de en hayati olanından burada bahsetmek gerek. 1977 güzüyüdü. Yerse Illinois, Urbana’ydı. Carl Woese adında bir adam notlar ve şemalarla dolu bir karatahtanın önünde, ayaklarını sıranın önüne atmış bir halde oturuyor, *The New York Times*’tan gelen bir fotoğrafçının karşısında kaygısızca pozlar veriyordu. *Times*’ın fotoğrafa eşlik eden öyküsünde, Woese ve meslektaşlarının 3 Kasım 1977’de, daha önce tespit edilmiş iki biyolojik formun dışında “üçüncü krallık”ı meydana getiren “ayrı bir yaşam formu”nu keşfettiklerini duyurmaktaydı.¹ Ön sayfada üst bir yerdedi. Yanında kaçırılan mirasyedi Patty Hearst ve Güney Afrika’daki Apartheid rejimine karşı uygulanan silah ambargosuyla ilgili haberler vardı. Bir diğer deyişle, ortalama bir *Times* okuyucusu böylesi zayıf bir açıklamadan “ayrı bir yaşam formu”ndan neyin kastedildiğini anlasa da anlamasa da ortada büyük bir haber vardı. Bu makale Woese’in şöhretinin, Warhol’cu âninin tepe noktasıydı: 15 dakikalığına sahneye çıkmış, sonra laboratuvarına geri dönmüştü. Woese kendi sahasına, yaşamın öyküsüne radikal değişiklikler getirdi. Buna

Yuvarlak şekilli bir bakteridir. Apseler sinüzit gibi solunum yolu enfeksiyonlarına ve gıda zehirlenmelerine sebep olmaktadır. Enfeksiyonların neden olabilir. (Y.N.)

rağmen moleküler biyolojinin ıssız koridorlarında yürümeyen çoğunluk için bilinmeyen bir isim olarak kaldı.

Carl Woese karmaşık bir adamdı. Derin sorulara sıkıca yapışan, bu soruları yanıtlamak için yaratıcı teknikleri bir araya getiren, bilimsel adabı muâşeretin kimi kurallarını önemsemeyen, kendine düşmanlar yaratmış, kibarlıkları umursamamış, düşündüğünü söylemiş, diğer her şeyi kenara atma pahasına ve saplantılı bir şekilde kendi araştırma programına odaklanmış, biyolojik düşüncenin temellerini en az bir-iki keşfiyle altüst etmiş, kendisini sıkı sıkıya işine adanmış kendine has biriydi. Yakın arkadaşları için kolay anlaşılan komik bir adamdı. Yakıcı ama alaycı, caz düşkünü, bira ve viski içmeyi seven, amatörce piyano çalan biriydi. Mezun öğrencileri, post-doktora yapan kişiler ve laboratuvar asistanları için, çoğunlukla iyi bir patron ve ilham verici bir hocaydı. Kimi zaman (ama her zaman değil) cömert, bilge ve şefkatli biriydi.

Dar anlamıyla bir öğretmen olarak (Illinois Üniversitesi'nde mikrobiyoloji profesörü olarak) lisans öğrencileri için neredeyse var olmayan biriydi. Hevesli, hiçbir fikri olmayan sıra sıra öğrencinin önüne çıkıp bakterilerin ABC'sini sabırla anlatan biri değildi. Ders vermek onun güçlü yanlarından veya ilgi odaklarından biri değildi. Dahası bilimsel toplantılarda çalışmalarını sunarken belagatli bir etkiden de yoksundu. Toplantıları sevmiyordu. Seyahatten de hazzetmiyordu. Laboratuvarı içinde keyifli bir kolej kültürü yaratmamış, birçok uzman biliminsanının yaptığı gibi seminerler vermemiş veya Noel partilerinde grupça fotoğraflar çekirtmemişti. Seçtiği genç arkadaşları vardı ve bazıları Woese'ın üniversite kampüsünden birkaç adım mesafede bulunan evinde güzel zamanlar geçirdiklerini, kahkahalarla eğlenip biralar eşliğinde barbekü partileri yaptıklarını hatırlıyorlardı. Fakat bu dostlar, şansları veya cazibeleriyle bir şekilde onun kabuğunu kırmış seçkin bir azınlıktı.

Sonraki yıllarda daha geniş kesimlerin takdirini kazanıp Nobel Ödülü'ne varmasa bile birçok ödülle onurlandırıldıkça, Woese daha tatsız ve yakıcı birine dönüştü. Kendisini bir yabancı gibi görür oldu. Saygın bir kurum olan Ulusal Bilimler Akademisi'ne seçildi ama bu 60 yaşında çok geç bir vakitte olmuştü. Bu gecikme sinirini bozmuş-

tu. Kimilerinin aktardıklarına göre ailesinden uzaklaşmıştı. Bilimsel çabalarıyla ürettiği yayınlarında eşi ve iki çocuğundan nadiren bahsediyordu. Parlak bir kaçık ve eserleri biyoloji içindeki en temel kavramlardan birinin çarpıcı bir biçimde gözden geçirilmesini tetiklemişti: Yaşam ağacı fikri, ilişkililik ve çeşitliliği ifade eden o büyük ağaçsı imge. Bu sebeple Woese'ın 3 Kasım 1977'de Urbana'daki zaferânı, bu kitabın neredeyse özünü oluşturan şeylerden biridir.

Diğer bilimsanları ve başka keşifler Woese ve onun ağacıyla bağlantılıdır. Örneğin pek fazla tanınmayan Britanyalı fizikçi Fred Griffith, 1920'lerin ortalarında Sağlık Bakanlığı için pnömoni [zatürree] araştırmaları yaparken bakteriler arasında beklenmedik bir dönüşümün yaşandığını fark etti: Bir yapı birdenbire ve hızla başka bir yapıya dönüşüyor, zararsız bir türden ölümcül ve kötücül bir türe geçiyordu. Bu kamu sağlığı açısından önemli bir bulguydu (bakteriyel pnömoni o günlerde başat ölüm sebeplerinden biriydi) ama aynı zamanda, Griffith fark etmemiş olsa bile, saf bilimin derin hakikatlerine kapı aralayan bir ipucuydu.

Griffith'in kafa karıştırıcı dönüşüm mekanizması 1944'e kadar karanlıkta kaldı. O yıl New York Rockefeller Enstitüsü'nde sessiz ve titizlikle çalışan araştırmacılardan Oswald Avery, bir bakteri kimliğiyle diğerleri arasında bu tarz ani değişimlere yol açabilen unsura yani "dönüştürücü ilke"ye tanım getirdi. Bu deoksiribonükleik asitti. DNA. Üzerinden on yıl geçmeden, Joshua Lederberg ve meslektaşları, "bulaşıcı kalıtsallık" olarak yeniden adlandırılan bu dönüşüm türünün, bakterilerde rutin ve önemli bir süreç olduğunu gösterdiler. Sonraki çalışmalar sadece bakterilerde olmadığını da gösterecekti. Bu esnada mısır genleri üzerine çalışan Barbara McClintock, favori bitkilerinin kromozomları üzerinde genlerin bir noktadan başkasına sıçradığını keşfetti. Kariyerinin en önemli yıllarını çok az destek veya kabul görerek geçirmiş, çok sonraları 81 yaşına geldiğinde Nobel Ödülü almıştı.

Eğitimi Chicago'da alan ve her açıdan eşsiz bir mikrobiyolog olan Lynn Margulis'in, McClintock'la paylaştığı tek de olsa bir şey vardı: Meslektaşlarından bazılarının onu tuhaf ve boyun eğmez bir kadın olarak görün-kenara atmasının yarattığı hayal kırıklıkları.

Margulis'in durumunda mesele, uzun süre çılgınca ve saçma bir şey olarak görülmüş eski bir fikrin canlanmasıydı: Endosimbiyoz.* Yani mesele büyük yaratıkların burunlarına veya karınlarına toplanmış küçük yaratıklardan ibaret değildi. Hücrelerin içinde başka hücreler vardı. Daha kesin bir ifadeyle Margulis, yaşamın daha karmaşık dallarına ait yaratıkların hepsini (insanlar, hayvanlar, bitkiler, mantarlar) meydana getiren hücrelerin kurgusal şeyler olduğunu, bakteriyel olmayan haznelere bakterilerin yakalanmasıyla oluştuklarını iddia ediyordu. Bu özel bakteriler çok uzun bir zaman aralığı içinde başkalaşım geçirip hücreli organlara dönüşmüştü. İneğin içine yerleştirilen bir istiridyenin işlevsel bir sığır böbreğine dönüştüğünü hayal edin. Margulis 1967'de bunu önerdiğinde bu kulağa çılgınca geliyordu. Fakat söylediklerinde büyük oranda haklıydı.

Fred Sanger, Francis Crick, Linus Pauling, Tsutomu Watanabe ve diğer biliminsanları bu olaylar zinciri içinde kimi zaman kişiliklerinin gücüyle kimi zamansa bilimsel parlaklıklarıyla önemli roller oynadılar. Geçmişin biraz daha derinlerine bakıldığında, Ferdinand Cohn, Edward Hitchcock ve Augustin Augier gibi karanlıkta kalmış figürlerin yanı sıra Ernst Haeckel, August Weismann ve Carl Linnaeus gibi daha meşhur şahsiyetler de vardır. Jean-Baptiste Lamarck'ın hayaleti burada, evrimsel düşüncenin gölgeleri içinde kaçınılmaz bir şekilde pusuya yatmak üzere tekrar belirlemektedir.

Hepsi bilimsel bir altüst oluşa katkıda bulunmuş bu insanlar, eserlerinin yaşamları içinde gelişip olgunlaşma şekilleriyle de ayrı bir ilginin odağına girmektedir. Ne kadar kesin ve nesnel olsa da bilimin kendisinin insani bir faaliyet olduğunu hatırlatan iyi örneklerdir hepsi. Bilim bir bilme şekli olduğu kadar merak etme biçimidir de. Olgular ve kanunların yarattığı bir yapıdan ziyade bir süreçtir. Müzik gibi, şiir gibi, beyzbol gibi, satranç ustalığı gibi, insanların yaptığı ama fevkalade kusurlu ve eksik bir şeydir. Üzeri insaniliğimizin lekeli parmak izleriyle kaplıdır.

Bu kitabın önemli karakterleri sadece insanlar değildir. Eşsiz

tarihleri ve zaaflarıyla anlatmaya çalıştığım öykünün birçok noktasına ışık tutan bir dolu başka canlı yaratık vardır. İçlerinden çoğu mikropdur. Bahsettiğim bakteriler, arkeler ve diğer minik şeylerdir. Lütfen küçüklükleri sizi aldatmasın. Yaratışları çıkarımlar ve etkileri muazzamdır. Ayrıca ağırlıkla bilimsel Latince tabirlerle ifade edilen isimleri gözünüzü korkutmasın: *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhimurium*, *Methanobacterium ruminantium* ve tekerlemeleri andıran diğer korkunç terimler. Onlardan bu isimlerle bahsetme sebebim esrarlı bir dil kullanmaktan hoşlanmam değil başka herhangi bir yaftanın bulunmamasıdır. Genelde mikroplara türsel düzlemde ortak isimler verme nezaketi gösterilmez. Güney zürafaları, zeytin renkli kirazkuşu, kral kelebeği ve Komodo ejderi gibi üstünkörü lakaplar verilmez. Eğer *Haemophilus influenzae* ismiyle bilinen bir bakteriye düzgün bir şekilde Fleming'in burun gıdıklayıcısı demek mümkün olsaydı, yemin ediyorum böyle derdim.

Bu noktada insan türüne ait olan önemli bir karakterin daha tanıtılması gerek. Felsefi tefekkürlere dalmaya meyilli olan, kendisini Nova Scotia'daki üniversitelerinden birine kapatmış sakallı ve Amerikalı bir mikrobiyolog. Bu adam Carl Woese, Lynn Margulis ve moleküler filogenetik alanında üretilen yeni çalışmaların çoğunu, biyolojinin temel metaforuna karşı yöneltilmiş keskin meydan okuyuşla ilişkilendirdi. İsmi Ford Doolittle. Uzun boylu, tavırlarında çekingen olsa da düşüncelerinde öyle olmayan, birazcık da olsa entelektüel huzursuzluklar yaratmaktan keyif alan biri. Milenyumun sonunda, Doolittle dalga dalga yeni argümanların açığa çıkmasına katkıda bulunmuş "Uprooting the Tree of Life" [Yaşam Ağacını Kökünden Sökmek] adlı bir deneme yayımladı. Bu deneme ve bağlantılı yazıları sayesinde, özellikle yatay gen transferi ve içerimlerini tartıştığı çalışmalarıyla ismini duydum. İlk aklıma gelen, "Ne yatayı ya," demekti. Ardından Halifax'a bir hac yolculuğu yapıp günlerce ofisinde kamp kurdum. Doolittle yarı emekliydi, hâlâ mezun öğrencilere rehberlik yapıyor ve prestijli bir araştırma fonundan sağlam bir şekilde yararlanıyordu. Ama artık X-ışınıyla çekilmiş göğüs filmlerinden genomlarını (DNA'larının tamamı) parça parça çıkarmak için laboratuvarında radyoaktif bakteriler yetiştirmiyordu. Çığır açtığı günlerde olduğu gibi elektronik jellerle kesik moleküller çekip çı-

karmıyordu artık. Okuyor, düşünüyor, yazıyor, çiziyordu. (Ağırlıklı olarak eğlence olsun diye sanat fotoğrafları çekiyor ve ara sıra bunları gale-ride sergiliyor ama bu tümüyle başka bir girişim sahası.) Aslında Ford Doolittle'ın yaptığı şey kısmen öyle etkili ki, biyoloji alanındaki vasıflarının yanı sıra, çoğu biliminsanından daha iyi yazıyor. Dahası ustaca çizimler yapıp büyük kavramları zarif ve karikatürleri andıran biçimlere dönüştürüyor. Doolittle'ın babası bir ressam ve sanat profesörüydü. Genç Ford sanatı kendisine kariyer yapmayı düşünmüş ama babası bunun “geçinmek için korkunç bir yol olduğu”nu söylemişti. 1957’de 15 yaşına geldiğinde, Sovyetler *Sputnik*’i uzaya yollamış, böylece Ford’u ve birçok başka Amerikalıyı, bilimle mühendisliğin daha acil ve etkin gayeler olduğuna ikna etmişti. Harvard Üniversitesi’ne gitti ve biyokimya okudu. Sanatsal dürtüleri onu asla terk etmedi. Bugünlerde tahripkâr düşüncelerini ve güler yüzlü provokasyonlarını gözler önüne sermek için, ağaç olmayan ağaçlar çiziyor.

Woese, Doolittle, Margulis, Lederberg, Avery, Griffith ve diğerleri. Hepsinin bu öyküde rolleri var. Fakat daha doğal sayılacak başlangıç noktası eskilere dayanıyor: Londra’ya, 1837 yılına. Çok farklı bir biliminsanına ve çok farklı koşullara.

1

Darwin'ın Küçük Eskizi

Charles Darwin Temmuz 1837 tarihinden itibaren, adına “B” dediği ve en çılgın fikirlerini yazdığı küçük bir not defteri tutmuştu. Sadece mahrem bir şey olmanın ötesinde, en tuhaf düşüncelerini kayda geçirdiği gizli bir defterdi. Not defteri kahverengi bir deri cilde sahipti, bir şeridi ve tokası vardı. Krem rengi 280 sayfasıyla bu defter ceketinin cebine sığacak kadar küçüktü. Taşınabilir bir şeydi ama kesinlikle kenara atılacak bir kâğıt yığını değildi. İçindeki materyallerin ve yorumların niteliği, Darwin’in bağımsız araçlara sahip bir doğabilimci olarak Londra’da yaşayan, varlıklı ve genç bir adam olduğunu yansıtıyordu. İngiltere’ye *HMS Beagle*’la çıktığı yolculuktan dokuz ay erken dönmüştü.

Darwin’in yaşamının neredeyse beş yılını tüketmiş olan, denizde ve karada geçen, ağırlıklı Güney Amerika’nın kıyılarında ve iç arazilerle dağlık alanlarda yapılan, ancak dolambaçlı dönüş yolunda önemli başka durakların da olduğu bu yolculuk, onun korunaklı ve ayrıcalıklı yaşamının tek büyük seyahat deneyimi olacaktı. Ama yeterli değildi. Zihnini açan ve dönüştürücü bir fırsat olarak bu gezi, ona peşinden koşmak istediği bazı büyük fikirler sunmuştu. Gözleri-

ni açıklama gerektiren hayret verici fenomenlere açmıştı. Avustralya Sydney'den Cambridge Üniversitesi'deki biyoloji profesörü ve dostu John Stevens'a yolladığı bir mektupta Darwin, Pasifik'in ortasındaki bir dizi volkanik çıkıntıdan oluşan Galápagos Takımadaları'ndaki alaycıkuslarla (ispinozlar değil) ilgili kafa karıştırıcı gözlemlerinden bahsediyordu. Bu gri, uzun gagalı kuşlar adadan adaya farklılık gösteriyorlardı ama bunlar öyle ince farklardı ki tek bir menşeden ayrılıp farklılaşmış gibi görünüyordular. Farklılaşmışlar mıydı? Üç tip alaycıkus mu vardı? Ufak değişikliklerle ada ada ayrılıyorlar mıydı? Evet: Ayrık ama benzer görünümdeydiler, bu da bir şekilde ilişkili olduklarına işaret ediyordu. Şayet bu izlenimleri doğruysa, Darwin'in entelektüel bir sapkınlığı itiraf edercesine Henslow'a açtığı sırra göre, "bu olgular türlerin değişmezliğini sarsacak"tı.

Türlerin değişmezliği doğa tarihinin temel prensibini yansıtmaktaydı. Verili kabul ediliyordu ve daha önemlisi, sadece ruhbanlar ve dindar kişiler arasında değil bilimsanları arasında da böyleydi. Yeryüzünde yaşayan her çeşit varlığın özel bir yaratılışla Tanrı tarafından tasarlandığı ve bundan ötürü değişmez olduğu, Darwin'in çağındaki Anglikan bilim kuruluşları için doğruluğuna inanılan bir gerçektir. Bu öğreti özel yaratılış hipotezi olarak bilinmektedir fakat o dönemde hipotezden ziyade dogma gibiydi. Darwin'in eğitimi aldığı Cambridge'te, önde gelen doğabilimcilerinin ve bilimsel kültür üzerine kafa yoran filozofların benimseyip desteklediği bir görüştü. Artık tehlikeli yolculuğundan eve dönmüş, acımasız babasının en baştan beri kuşkuyla yaklaştığı kaba İngiliz denizcileriyle yaptığı gençliğe özgü macerasından geri gelmişti. Deneyimleri onu değiştirmişti. Fakat babasının korkacağı türden bir değişim değildi bu. Bir sarhoş veya hovarda olmamıştı. Tayfalar gibi küfür de etmiyordu. Darwin'in fiziksel yollarla tatmin ettiği seyahat tutkusu artık entelektüel bir tutkuydu. Çok tedbirli bir şekilde bilimsel ortodoksiye karşı radikal bir alternatifin varlığını soruşturma niyetindeydi: Canlı mahluk formlarının, Tanrı'nın yarattığı halleriyle sonsuza dek değişmez *olmadıklarını*, aksine zamanla değiştiklerini ve henüz Darwin'in anlayamadığı mekanizmalarla birinden diğerine dönüşüklerini kanıtlamak istiyordu.

Bu riskli bir önermeydi. Ama 27 yaşındaydı ve gördükleri onu derinden değiştirmiş, sessiz bir biçimde onu gözüpük birine dönüştürmüştü.

Böylece Great Marlborough Sokağı'ndaki kiralık daireleriyle British Museum'a yaptığı ziyaretler için kendisine uygun bir konum sunacak büyük kente taşındı. Bu abisi Erasmus'un öncesinde yerleştiği evden sadece birkaç kapı aşağıdaydı. Darwin bilimsel kulüplere, Jeoloji Topluluğu'na, Zooloji Topluluğu'na katıldı ama hiçbir işi yoktu. İhtiyacı da yoktu. Öncesinde *Beagle* yolculuğunu onaylamamış olan ürkütücü babası (Shrewsbury kasabasının zengin hekimi Dr. Robert Darwin), şimdi Britanya'nın bilim çevrelerinde saygıyla anılan genç doğabilimcisi, ikinci oğluyla gurur duyuyordu. Dıştan bakıldığında huysuz ama içten içe cömert biri olan Dr. Darwin, iki kardeşi destekleyecek düzenlemeler yapmıştı. Ayrıca Charles bekârdı. Londra'da avare avare dolaşüyor, yolculuğundan getirdiği numuneler üzerinde takip amaçlı çalışmalar yapıyor, *Beagle*'da tuttuğu günlüğü baştan kaleme alıp bir gezi kitabına dönüştürüyor ve (çok özel olarak) özel yaratılışa karşı radikal bir alternatif kurgulamaya çabalıyordu. Her şeyi okuyor, bilgileri ve ifadeleri çeşit çeşit not defterine karalıyordu. "A" defteri jeolojiye ayrılmıştı. B defteri öncelikle, kendisine özel bir ifadeyle "transmutasyon" dediği şeye aitti. Ne anlama geldiğini tahmin edebilirsiniz. Darwin evrim teorisi üzerine düşünmeye başlamıştı.

Temmuz 1837'de B adlı not defterini, yıllar evvel yine adı Erasmus Darwin olan dedesinin yayımladığı *Zoonomia; or the Laws of Organic Life* [Zoonomi veya Organik Yaşamın Yasaları] adlı kitaba gönderme yapan birkaç satırla açmıştı. *Zoonomia* bir tıp teziydi (Erasmus bir hekimdi) ama kulağa belli belirsiz evrimselmiş gibi gelen bazı kışkırtıcı düşünceler vardı. *Zoonomia*'ya göre tüm sıcakkanlı hayvanlar "tek bir canlı telden türemişlerdi" ve nesilden nesile aktarılacak şekilde "sürekli gelişmeyi sürdüren beceriler"e "sonsuz bir dünya"ya sahiptiler.¹ Nesiller boyunca gelişme mi? Dünya tarihi boyunca süren kalıtsal değişimler mi? Bunlar özel yaratılış hipotezine karşı şeylerdi ama yaşlı Erasmus gibi gut hastası, şehvet düşkünü bir özgür düşünür ve zaman zaman şairlik yapan biri için çok da şaşırtıcı

cı değildi. Darwin *Zoonomia*'yı öğrencilik günlerinde okumuştı ve dedesinin cüretkâr fikirlerine değer verdiğini gösteren işaretlerde pek bulunmamıştı. Ama şimdi, bu eseri tekrar ziyaret ettikten sonra onu bir kalkış noktası olarak görmeye başlamıştı. B not defterinin birinci sayfasındaki ilk kayıta şunlar vardı: Dedesinin eserinin başlığı *Zoonomia* vardı ve onu okuma notları takip ediyordu.

Yine de bu çılginca öneriler bir yere yönlendirmiyordu. Erasmus Darwin “sürekli gelişme becerisi”ni kanıtlayan hiçbir somut mekanizma sunmamıştı ve bu maddi mekanizma, henüz tam ayırdına varmamış olsa bile genç Charles’ın istediği şeydi. B defterinden de görüldüğü gibi, artık dedesinin eserinden diğer okumalara, başka spekülasyonlara ve sorulara geçecek, ayıkladığı ifadeleri karalayacak, kimi zaman bunları kötü bir gramer ve noktalamayla yapacaktı. Yayımlamak için yazmıyordu. Bunlar kendisine verdiği mesajlardı.

Aceleyle soru işaretini unutup, “Neden yaşam bu kadar kısa?” diye sormuştu.³ Neden yeniden üreme bu kadar önemli? Neden belli türden hayvanlar koca bir ülkede sabit bir formda olma eğiliminde oluyor da, ayrıksı adalarda ufak farklılıklar gösteriyor? Molasının sadece 35 gün sürdüğü ama düşüncelerinin altüst olmasına zemin hazırlamış Galápagos’taki dev kaplumbağaları hatırladı. Alaycıkusuları da anımsıyordu. Ayrıca Arjantin Pampas’ta neden biri Rio Negro’nun kuzeyinde, diğeri güneyinde yaşayan iki farklı “devekuşu” (bu isimle adlandırdığı o büyük, uçamayan kuşlar bugün nandu olarak bilinmektedir) türüne rastlamıştı? Yaratıklar yalıtıldıklarında neden biraz farklılaşmışlardı? Bir adaya bir çift kedi koyun ve nesiller boyunca düşmanlarının baskısı olmadan üremelerine ve akrabalarıyla çiftleşmelerine izin verin, “Sonucun ne olacağını kim söylemeye cüret edebilir?” diye yazıyordu Darwin. O cüret etmişti. Soyları diğer kedilerden farklı görünebilirdi, değil mi? Nedenini bilmek istiyordu.

Bir önemli soru daha: “Her tür değişir. İlerler mi.” Kediler *daha iyi* kedilere mi dönüşür ya da bu özel adada en azından daha iyi kediler mi yaşar? Öyleyse bu ne kadar sürer? Nereye kadar böyle gidecek? “Birbirini takip eden her hayvan yukarıya doğru dallanıp ayrılıyorsa”, “gelişen farklı düzenlenme biçimlerine” sahiplerse, yeni biçimler oluşup eski biçimler öliyorsa mantıksal sınırlar neredeydi?

Sözcüklerden biri, *dallanma*, ilginç içerimler taşımaktaydı: Yönelimli büyüme, farklılaşma, ağaçsı formlara dair bir şeyler saklıydı içinde. Dahası Darwin'in kendisine sorduğu bu sorular, sadece kediler ve devekuşları için değil Arjantin'deki armadillolar ile tembel hayvanlar, Avustralya'daki keseli hayvanlar, dev Galápagos kaplumbağaları, Falkland Adaları'ndaki kurtları andıran tilkiler, hepsi belli şekillerde kendisine özgü olan, kendi yalıtılmış çevrelerine has olan ama benzerleriyle yani başka yerlerde yaşayan kediler, kaplumbağalar veya tilkilerle fark edilir yakınlıklar taşıyan tüm hayvanlar için geçerliydi. Darwin çok şey görmüştü. Keskin gözlemler yapan ve düşünceli bir genç adamdı. Tikel unsurlardan öte örüntüler gördüğünü hissediyordu. Kendi kalemiyle, ortada neredeyse "bir adaptasyon kuralı" işlemekteydi.

Bunların tümü ve daha fazlası, olgular ve spekülasyonlar B defterinin ilk 21 sayfasını doldurmuştu. Sayfalar ağırlıklı tarihsizdi, bu sebeple ilk kez girişimde bulunurken kaç gün veya haftanın geçtiğini bilemiyoruz. Her halükârda henüz elinde bir teori yoktu. Büyük fikirler ona pike yapan baykuşlar gibi geliyordu. Kışkırtıcı ve darma-
dağın ipuçlarının yanı sıra düzene de ihtiyacı vardı. Belki ona bir metafor gerekiyordu. Dolayısıyla 21. sayfanın altına Darwin şu notu almıştı: "Düzenli varlıklar bir ağacı andırırlar."²⁴

Darwin'in bu cümleyi yazdıktan sonra arkasına yaslanıp yaslanmadığını, yeni bir zihin açıklığıyla derin bir nefes alıp almadığını bilmiyoruz. Yapmış olabilir. Nitekim buna hakkı da vardı.

Sonrasında karalamaya devam etti. B defterinde ağacın “düzensiz dallara ayrıldığı”nı, “bazı dalların çok daha fazla dala ayrıldığı”nı yazıyordu.⁵ Her dal daha küçük dallara ayrılıyor ve ince dallar çıkıyordu. “Dolayısıyla Genera*” yani türlerin üstündeki kategori, minik dallar veya uçlardaki sürgünlerdi. Bazı sürgünler daha fazla büyümeden ölüp giderken, yani türleri yok olup soyları biterken, bir şekilde yeni sürgünler boy veriyordu. Türlerin yok olma fikri bir zamanlar doğabilimcileri ve filozoflar arasında sorunlu görülmesine, bir ihtimal olarak gerçekliğinden şüphe edilmesine veya Tanrı'nın özel yaratılış ilkesi yok edilemez diyerek bunun düpedüz reddedilmesine karşın, Darwin bireylerin ölümüyle kıyaslandığında “türlerin ölümünde tuhaf hiçbir şeyin olmadığı”nın farkındaydı. Aslında

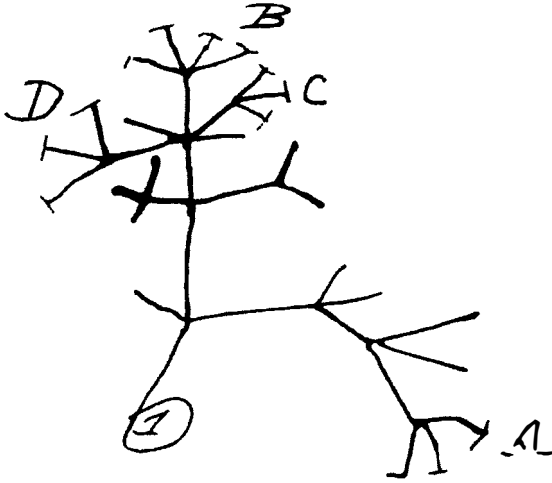
Cinsler. (Ç.N.)

soyun tükenmesi sadece doğal değil zorunlu bir süreçti. Eski türlerin ölmesiyle yeni türlere alan açılıyordu. Şöyle yazıyordu: “Yaşam ağacına belki yaşam mercanı adı verilmelidir, dalların çıktığı noktalar ölmüş,” kadim formlar göçüp gitmiştir. Darwin doğu Hint Okyanusu’ndaki Keeling Mercan Adası’ndaki resifleri gördüğü ve *Beagle* yolculuğu sırasında başka resiflerle de karşılaştığı için mercanlar hakkında bir şeyler biliyordu. Onu büyütüyorlardı. Resiflerin nasıl oluştuğuyla ilgili bir teori kurgulamıştı. Nitekim 1842 yılında, defterine not düştüğü günden beş yıl sonra mercan resifleri hakkında bir kitap yayımlayacaktı. Mercanlar yatkın bir görünüm sergiliyorlardı –tabii aklındaki beyin mercanı veya masa mercanı değil dallanan mercandı– çünkü aşağıdaki uzuvları ve kökü cansız, kireçli bir iskeletten ibaretti. Yumuşak polipler yukarıya doğru canlı türler gibi uzadıkça soyları eskiye dayanan, türleri yok olmuş formlar gibi arkada bırakılıyorlardı. Fakat “yaşam mercanı”nın akıllarda aynı unutulmaz etkiyi taşımadığını fark etmiş gibiydi. B defterinin 26. sayfasına kaleminin cılız darbeleriyle, üç dallı bir yaşam mercanı çizmişti. Noktalı çizgiler alttaki cansız kısımları tarif ediyordu. Ardından mercan fikrini kenara atıp bu metaforu terk etti.

Yaşam ağacı daha iyiydi. 1837’de zaten kıymet gören bir kavramdı ve Darwin bunu bir evrim teorisini olarak kendi amaçlarına uyarlayabilirdi. Baştan yeni bir mecaz icat etmekten daha kolaydı. Elbette bu uyarlamayı yapmak, anlamını kökünden değiştirmek demekti. Umursamayıp adımını attı. Defterinin on sayfasına, cesur vuruşlarla çok daha canlı ve karmaşık bir figür çizdi. Dört ana kola ve birden fazla küçük kola ayrılan bir gövde vardı. Her büyük dal ayrı ayrı dal kümelerine ayrılıyor, her kümenin dalları A, B, C, D diye etiketleniliyordu. B ve C ağacın tepesinde birbirine yakındılar. Birbirine bitişik kümelerin içindeydiler. Bu dallardaki yaratıklar arasında yakın bir ilişkinin olduğuna işaret ediyorlardı.

A harfi çok uzakta, ağacın tepesinin karşı tarafındaydı. Çok uzak bir ilişkiye işaret ediyordu ama yine de ortada bir ilişki vardı. Harfler, canlı türlere veya belki cinslere karşılık gelsin diye kullanılmıştı. *Felis*, *Canis*, *Vulpes*, *Gorilla*. Tam olarak zihninde ne olduğunu bilmiyoruz ve belki o kadar da özel bir şey değildi. Her halükârda bu

I think



Darwin'ın 1837'de yaptığı çizim, Patricia J. Wynne tarafından yeniden çizilmiştir.

sarsıcı bir iddiaydı. Soyuttu ama çok etkiliydi. Bugün dallar ve tepenin ortasında etiketlenmiş dört dalıyla bu ufak çizime bakıp, tüm yaşamın ortak bir atadan evrilerek farklılaştığını düşünmeniz mümkündür.

Darwin çizimin hemen üzerine, sanki çekiniyormuş gibi, “Böyle düşünüyorum,” diye yazmıştı.

Darwin “yaşam ağacı” deyimini icat etmediği gibi ikonik kullanımının kaynağı da değildi ama teorisinde ona yeni bir amaç kazandı. Düşüncelerimizde derin kökler salmış birçok başka metafor gibi, Aristoteles ve İncil’deki ilk versiyonlardan o güne bulanık bir şekilde ulaşmış, modifiye edilerek ve tekrarlanarak gelmişti. (Neden bu şeyler hep Aristoteles’e uzanır? Çünkü o Aristoteles.) İncil’de kitabın sonuna konulan büyük bir motiftir bu. “Yaratılış” 3’te Âdem ve Havva’nın Cennet Bahçesi’nden kovuldukları anlatılırken bahsedilir ve Kral James İncili’nin son sayfasında, “Esinleme”nin sonunda tekrar karşımıza çıkar. Batı kültürüne girmek için adeta mükemmel bir yere konmuştur. Burada “Esinleme” 22’nin birinci ve ikinci baplarında anlatıcı konumundaki peygamber esrik tasavvuruyla, Tanrı’nın tahtından saf bir ırmak gibi dökülen “hayat suyu”nu ve onun dibinde büyüyen, her ay meyve vermesinin dışında “kavimleri iyileştiren” “yaşam ağacı”nı anlatır. Bu ağaç muhtemelen İsa’yı temsil etmektedir. Yaprakları ve meyveleri dünyaya onun nimetlerini sunmaktadır. Yahut onun lütfu veya Kilise’dir. Pasaj anlaşılabilir bir niteliğe sahiptir ve tercüme farklılıkları (bir veya birden çok ağaç?) işleri

daha da karıştırmaktadır. Burada vurgulanan husus basitçe “yaşam ağacı”nın kadim bir şiirsel imgeye karşılık geldiği, Batı düşüncesinde uzun süre var olan, sürekli tekrarlanan, çeşitli şekillerde yorumlanan bir deyiş olduğudur.

Aristoteles’in MÖ 4. yüzyılda yazdığı *Hayvanların Taribi*’nde, yaşam ağacı bir ağaç bile değildir. Daha çok doğanın merdiveni gibidir. Sonrasında Yunancadan Latinceye aktarıldığı şekliyle *scala naturae*’dir. Aristoteles’e göre tabiattaki çeşitlilik, “ufak ufak” toprak ve ateş gibi cansız şeylerden hayvanlar gibi canlı varlıklara doğru “ilerler”.⁶ Bu formlar arasında mutlak çizgiler çekmeyi imkânsız kılacak kadar sayısız aşamaya sahip bir ilerlemedir. Bu fikir Ortaçağ boyunca ve sonrasında kullanışlılığını sürdürmüş, 16. yüzyıl sırasında *Büyük Varlık Zinciri* veya *Zekânın Yükseliş ve İniş Merdiveni* gibi gravürlerde boy göstermişti.⁷ Genelde bunlar adım adım taş veya su gibi cansız maddelerden başlayıp bitkilere ve hayvanlara, sonra insanlara, meleklerle ve en sonunda Tanrı’ya uzanıyordu. Bu anlamda Led Zepelin’den yaklaşık beş yüz yıl önce yazılmış bir “Stairway to Heaven”dı [Cennete Merdiven].

İsviçreli doğabilimci Charles Bonnet, 1745 gibi geç bir tarihte, diğer Aydınlanma düşünürleri ve sanatçıları doğadaki farklılaşmayı, yanlara doğru uzanan uzuvlar ve dalların imgeleriyle aktardığı bir dönemde; bu çizgisel, merdiven adımlarını andıran modeli ters çevirdi. Bonnet’nin o yıl yayımladığı ve böcekler üzerine yazdığı tezinde, “Idea of a Scale of Natural Beings” [Tabiattaki Canlıların Merdiveniyle İlgili Fikir] olarak isimlendirdiği kıvrılmış bir şema vardı.⁸ Şema dikey bir yönelimle ateş, hava, su, toprak ve çeşitli madenlerden yukarıya doğru çıkıyor, mantarlara, likenlere, bitkilere ve denizşakayıklarına ulaşıyor; onları bağırırsak kurtları, salyangozlar ve yumuşakçalar takip ediyordu. Daha yukarıda balıklar ve özellikle uçanbalıklar, onlardan sonra kuşlar geliyordu. Hemen ardından yarasalar ve uçan sincaplar, sonra dörtayaklı memeliler, maymunlar, insansılar ve nihayet insanlar geliyordu. Mantiği görüyor musunuz? Uçanbalık uçuğu için diğer balıklardan üstündürler. Memeliler ve sincaplar memeli olduğu için kuşlardan daha üstün bir seviyede yer alırlar. Orangutanlar ve insanlar memelilerin en üstünleridir ve insanlar

hepsi içinde en iyi olan türdür. Bonnet geçimini avukatlıktan sağlıyordu ama çoğunlukla böcekler ve bitkiler üzerine araştırmalar yapmayı tercih ediyordu. Doğduğu günden itibaren Cenevre Cumhuriyeti'nin yurttaşıydı. Fransız ataları dinî zulümlere uğrayıp Fransa'dan kovulmuşlardı. Belki bundan dolayı merdivenli şemasının Tanrı'yla değil insanla tepe noktasına varması tesadüf değildir.

Bonnet'nin tabiat canlılarını sıraladığı merdivende, Tanrı'dan ayrı olarak eksikliği göze batan diğer şey mikroplardır. Mikroorganizmalara hiç dikkat etmemişti. Oysa Hollandalı öncü mikroskop uzmanı Antoni van Leeuwenhoek, 70 yıl önce bakterilerin, *protozoa*'ların* ve diğer ufak "hayvancıklar"ın varlığını keşfetmişti. Hepimiz Leeuwenhoek'in ismini lisede okuduğumuz Paul de Kruif'in *Mikrop Avcuları* kitabından (uydurma diyaloglar ve düzmece ayrıntılarla dolu korkunç bir eserdir ama konuya kapı aralamada etkisi büyüktür) yahut bilim tarihini anlatan diğer hikâye kitaplarından hatırlarız. Ancak Leeuwenhoek'in Delft'te tuhafiyecilik yaptığını, kumaşlardaki dikiş sayısını daha iyi inceleyebilmek için kendi büyüteçlerini yapmaya başladığını muhtemelen hatırlamayız. Ardından bu mercekleri sırf merakından başka materyallere çevirir oldu ve dudak ısırtan keşifler yaptı. Göl sularında, yağmur sularında, drenaj borularındaki sularda, hatta dişlerinde kalan kirli kalıntılarda bir grup ufak yaratığın yaşadığını gördü.

Leeuwenhoek'in mikropların yaşamını açığa vuran gözlemleri, Londra Kraliyet Topluluğu'nun dergisinde yayımlandı ve Avrupa'nın çeşitli yerlerinden bilimsel çevrelerde onu meşhur kıldı. Fakat Charles Bonnet onları yükselen merdivenine sokmak için bu "ufak tefecik hayvanlar"la ilgilenmiyordu.⁹ Asbest ve yermantarı arasında bir yere rahatça girip kendilerine yer bulabilecek olsalar bile. Bu ihmal, mikropları yaşam merdivenine yerleştirmekten ya da daha zoru onların ağaç üzerindeki ayrıkçı formlarını düzenlemekten duyulan kalıcı rahatsızlığın işaretçisidir. 1977'de çok yakıcı bir hal alacağından ileride tekrar döneceğim bir rahatsızlıktır.

Charles Bonnet'nin tabiat merdivenine rağmen ve yerini daha karmaşık, çok boyutlu halefi ağaca bırakmasına rağmen, yaşamın çeşitliliğini tarif etmek için kullanılan çizgisel yaklaşımların modası geçmişti. 18. yüzyılın sonu ve 19. yüzyılın başında, doğa filozofları (onlara biliminsanları denecekti ama bu sözcük daha ortada yoktu) canlı yaratıkları, benzerlikleriyle farklılıkları üzerinden hareket edip örgütsel bir şemadan yararlanarak ayrı gruplara ve alt gruplara ayırıp sınıflandırmaya çalıştılar. Sırayla daha yüce bir basamağa çıkan, en sonunda Tanrı'ya uzanan merdivenleriyle çizgisel düzenlemeler artık tatmin edicilikten uzaktı. O büyük deniz keşiflerinin başladığı dönemden bu yana Avrupa'da büyük bir bilgi patlaması yaşanmıştı –dünyanın her yerinden farklı farklı hayvanlar, bitkiler ve diğer canlılar hakkında bilgiler yağıyordu– ve bilginler bu yeni bilgi bolluğunu, kolayca erişip kullanılabilmeleri için hiyerarşik kategoriler içine yerleştirmek istiyorlardı.

Bu evrimsel bir düşünme tarzı değildi. Veri yönetiminden ibaret. Bilgi onlarca cildi doldurabilecek bir boyuttaydı (sırf tek bir kişi, Alman doğabilimci Alexander von Humboldt, Güney Amerika'daki seyahatleri hakkında 30 ciltlik bir değerlendirme yayımlamıştı). Bu bir bakışta hepsini idrak etmeyi sağlayacak bir kuşbakışını, örgütleyici bir ilkeyi her zamankinden daha zorunlu hale getiriyordu: Bir çizimi. Ama çizimi yapacaklar artık bir değil iki boyuta ihtiyaç duyuyorlardı. Dolayısıyla merdiven bir gövdeye dönüştü ve gövdeden uzuvlar, uzuvlardan dallar türedi. Bu bilinen bol sayıda ve çeşitli yaratığın düzenlenmesi için daha geniş bir ölçek, yukarısı ve aşağısıyla daha fazla alan sundu.

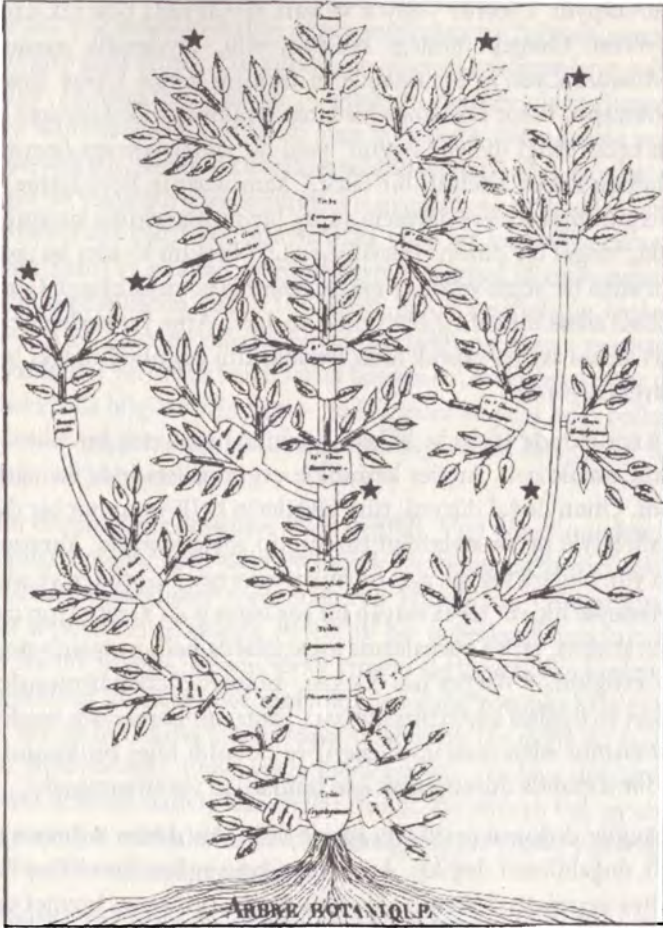
Yaşam ağacı hep eski bir sembol, kadim bir deyimdi. En az “Yaratılış” ve “Esinleme”deki ayetlere kadar uzanıyordu. Ağaç aynı zamanda aile geçmişini anlatmak için de kullanılıyordu. Örneğin bir Alman dükünün kökenlerini gösteren ağaçlar veya soyağaçları vardı. Bu yönelimi ilk benimseyenlerden biri olan Augustin Augier isimli başka bir Fransız 1801'de, üzerinde durduğu şeydeki yani bitkilerin çeşitliliğindeki “düzen ve sıralamayı kavramak için en uygun şeyin sanki soyağacı gibi bir şekil olduğu”nu yazıyordu.¹⁰

Augier Fransız Cumhuriyeti'nin gözden uzak, pek bilinmeyen

bir yurttaştıydı. Lyon'da yaşıyor ve yarı zamanında botanik üzerine çalışıyordu. Gerçek mesleği bilinmiyordu, biyografik ayrıntıları yüzyıl sonra Lyon'lu botanikçilerin tarihini yazan kişiler için bile kaybolmuştu. Fakat arkasında bir kitap bırakmıştı. Bitkiler için “Tabiatın takip ettiği düzene uygun” yeni bir sınıflandırma önerisinde bulunduğu küçük hacimli bir ciltti.¹¹ Yani insanın heveslerine veya uygun gördüğü şeylere dayanan yapay bir sınıflandırma sistemi karşısında, “doğal bir düzen” öneriliyordu.¹² Nitekim kitapta bu sistemi temsil eden bir şema vardı: *Arbre botanique*'i (botanik ağacı). Gövdesi ve kolları adeta menora gibi düzenli ve dikti. Ama yanlardan uzanan dalları ve bol sayıda yaprak bitki formlarının çoğulluğundaki bolluğa işaret ediyordu.

Ama burada türlerin kökeni hakkında sapkınca bir fikre yine rastlanmamaktaydı. Augier kesinlikle çağının ilerisinde bir evrimci değildi. Onun doğal düzeni, tüm bitkilerin belli ve somut bir dönüşüm süreciyle ortak atalardan türediğini söylemiyordu. Yaratıcıları Tanrı'ydı. Onlara tek tek ayrı biçimler vermişti: “Görünen ve şüpheye neredeyse hiç yer bırakmayan bir şey varsa o da Yaratıcı'nın çiçekleri yaratırken, farklı parçalarına ait sayılarda belli oranlarla dizileri takip ettiğidir.”¹³ Augier'nin katkısı, kendi değerlendirmesiyle bu oranları ve dizileri keşfetmiş olması (Tanrı'nın muntazam model algısını tatmin eden tasarım ilkeleri) ve botanik bilgi birikimini düzenli bir sistemde düzenlemek için bunlardan yararlanmasıdır.

Augier doğanın çeşitliliği içinde doğal bir düzen bulmaya çalışan ilk doğabilimci değildi. Aristoteles hayvanları “kanlı” ve “kansız” diye ayırmıştı.¹⁴ Birinci yüzyılda Roma ordusuna hizmet veren Dioscorides isimli bir Yunan doktor, beş yüzden fazla bitki türü hakkında bilgi toplamış, bunları bir hülasa içinde şifalı, besleyici veya hoş koku yayan özelliklerine göre düzene sokmuştu. Bu kitap çeşitli baskıları ve tercümeleriyle, sonraki 15 yüzyıl boyunca güvenilir bir botanik metni olarak hizmet verdi. Yolun sonuna geldiğinde yani insanların daha uzaklara seyahat edip doğanın ampirik ayrıntılarıyla daha fazla ilgilendiği Rönesans döneminde yaşlı Dioscorides yerini yeni bitki resimlerine bıraktı. Bunlar aslında botanik için yazılmış kılavuz eserlerdi. Çizim ve gravür tekniklerindeki



Augier'nin *Arbre botanique*'i, 1801.

ilerlemeler sayesinde daha iyi çizimlere sahiptiler ama bitkiler yine doğal düzene göre değil kullanımlarına göre düzenleniyorlardı. 16. yüzyılda Leonhart Fuchs bu tarz kitaplardan birini, yüzlerce bitkinin kataloğunu çıkaran, güzel resimlerle tasvir eden ve alfabetik sırayla anlatan bir eser hazırlamıştı. İki yüzyıl sonra büyük sistem kurucu Carl Linnaeus, eflatunu kırmızı çiçekler açan bir bitki türü-

ne, Leonhart Fuchs'ı onurlandırmak adına *Fuchsia* ismini verecekti (böylece fuşya diye bir rengimiz oldu). Gençken birçok seyahat yapan ve ardından Uppsala'da profesörlük yapan İsveçli Linnaeus'un kendisi, bitkibilimcilik geleneğinden gelmiş ama bunun çok ötesine geçmişti.

Linnaeus'un ilk baskısı 1735'te yapılan *Systema Naturæ*'si [Doğal Sistem] eşsiz ve olağandışı bir şeydi: Bir düzine sayfayı güçbela geçen, kahve sehpalarına serilen atlasları andıran büyük ebatlı bir ciltti. İçinde doğanın üç krallığı olarak gördüğü bitkilerin, hayvanların ve madenlerin tüm üyelerini kapsayan bir sınıflandırma sisteminin ana hatlarını çıkarıyordu. Madenleri de işe katmasına rağmen, bizim için önemli olan Linnaeus'un yaşamın krallıklarını görme biçimidir.

Hayvanlara yaklaşımını yan yana iki koca sayfada sunuyordu. Altı sütunla düzenlediği bölümde her sütunun üstüne sınıflandırmalarından birinin ismi konmuştu: Dörtayaklılar, Kuşgiller, Amfibiler, Balıklar, Böcekler, Vermis. Dörtayaklılar birkaç dört uzuvlu alt gruba ayrılmıştı. İçlerinde Antropomorpha (esas olarak primatlar), Ferae (kurt ve tilki gibi köpekgillerin yanında aslan ve leoparlar gibi kedi formları, ilaveten ayılar) ve başkaları vardı. Linnaeus'un Amfibiyenleri, amfibi hayvanlarla sürüngenleri kapsıyordu. Vermis kategorisi ise, sadece kurtçukları, sülükleri ve dilbalıklarını değil, sümüklüböcekleri, denizhiyarlarını, denizyıldızlarını, kaya midyelerini ve diğer deniz hayvanlarını da kapsayan bir şemsiye gruptu. Her yapıyı ayrı ayrı cinslere ayırmıştı (kimileri Leo [Aslan], Ursus [Bozayı], Hipopotam ve Homo [İnsan] gibi ayırt edici isimlere sahipti) ve her cins türlere ayrılıyordu. Altı sınıfın haricinde, Linnaeus, Paradoxa adını verdiği şeye yarım bir sütun ayırmıştı. Bu efsanevi ve hayal ürünü canavarlarla kafa karıştırıcı ama gerçek yaratıkları toplayan beklenmedik bir gruptu. İçlerinde tek boynuzlu atlar, satyr'ler, Anka kuşu, ejderha ve dönüşüm sırasında tuhaf, paradoksal bir şekilde küçülüp daha küçük bir kurbağaya dönüşen dev iribaşlar vardı (modern ismiyle *Pseudis paradoxa*). Şemanın tepesine büyük harflerle şunlar yazılmıştı: *CAROLI LINNAEI REGNUM ANIMALE*. Hayvan krallığı. O dönemde bilinen ve inanılan şeylere dayanarak faunal farklılığı anlaşılan-

dırma adına, eğreti, kapsamı büyük, tümleşik bir çabaydı ama aman aman özgün de değildi. Yine belirtmek gerekirse hayvanlar Linnaeus'un uzmanlık alanı değildi.

Bitkiler öyleydi. Bitkilerin krallığına getirdiği sınıflandırma çok daha yenilikçi, daha kapsamlı ve düzenliydi. “Eşeyli/cinsel sistem” olarak bilinecekti çünkü çiçeklerin cinsel yapılar olduğunu fark etmiş ve gruplarını nitelendirmek için erkek ve dişi organlarını kullanmıştı (stamenleri ve pistilleri, mevcut âna dek yapışıp kalan ve polenleri alan, zarif küçük saplar). Linnaeus çiçek açan bitkileri sayıları, ebatları ve stamenlerin [erkek organ] düzenleniş şekillerine göre içine yerleştirdiği 23 kategori çıkarmıştı. Ardından her kategoriye pistillerine [dişi organ] göre düzenli gruplara ayırmıştı. Kategorilere Monandria, Diandria ve Triandria (bir koca, iki koca, üç koca) gibi isimler vermiş ve kategoriler içinde Monogynia, Digynia ve Tryginia gibi sıralayıcı isimler kullanmıştı (eşlerin sayısı, evet altta yatan fikri anladınız). Bu isimlerle çağdaşları arasında muhtemelen müstehcen sırtıtmalara ve kınayıcı bakışlara yol açmış, her türlü poligamik ve çok kocalı evliliği insanlara çağrıştırmıştı. Örneğin Tetrandria kategorisi içinde Monogynia grubuna ait bir bitki dört kocalı tek zevce anlamına geliyordu. Belli ki Linnaeus cinsel altmetinlerden hoşlanıyordu. Nitekim bu durum, botanik şemasını Avrupa genelinde bitkilerin sınıflandırılmasında kabul gören bir sisteme dönüşmekten alıkoymamıştı.

Yarım yüzyıl sonra botanik sınıflandırma ağacıyla çıkıp gelen adamımız Augustin Augier, kendisini Linnaeus'un aşırı tertipli cinsel sistemine meydan okuyormuş gibi hissetmişti. “Stamen sayısının çarpıcı bir nitelik” olduğunu Augier teslim ediyordu fakat “iş bitkilerin incelenmesine geldiğinde böyle değil”di.¹⁵ Yani her zaman net değildi ve bundan ötürü botanik hayatın o vahşi ormanlarını düzenlemek için güvenilir bir temel değildi. Linnaeus'a saygıyla baş sallıyor (ayrıca bitkileri, meyveleri ve diğerlerini anatomik özelliklerine göre yüzlerce cinse ayırmış Fransız botanikçi Joseph Pitton de Tournefort'a) ve farklı tasnif düzeyleri oluşturmak, belirsizlikleri gidermek ve sıralamaları netleştirmek için çeşitli niteliklerden yararlanarak kendi sistemini öneriyordu. “Adına *botanik ağacı* dediğim bu şe-

ma, kendilerini gövdeden ayırmalarına rağmen, farklı dizilere ait bitkilerin kendi aralarında kurdukları düzenlemeleri göstermektedir. Bu anlamda tıpkı, aynı aile içindeki farklı dalların kökenlerini borçlu oldukları sapları gösteren soyağaçları gibidir.”¹⁶ Hepsi ayrıık ama hepsi birbiriyle bağlantılıdır: Aynı ağacın parçalarıdırılar.

Fakat Augier'nin zihninde, aralarındaki bağlantı ortak atalardan gelmelerinin sonucu değildi. Kullandığı soyağacı tabiriyle kendisine önemli bir ipucu vermesine rağmen (tüm dallar “kökenlerini borçlu oldukları saplar”dan türer) Augier'nin yazılarında veya ağaç şemasında evrim fikrini benimsediğini, hatta tahayyül ettiğini gösteren hiçbir bulgu yoktur.

Bu fikir yakında ortaya çıkacak ve gelişiyile birlikte yaşam ağacının anlamı değişecekti. Değişim oldukça çarpıcıydı. Buna tanık olan çoğu kişiyi ruhen sarsmıştı çünkü inanca meydan okuyan bir şeyin yansımasıydı ve güçlü bir dirençle karşılaştı. Fransa'nın ilk büyük evrimcilerinden Jean-Baptiste Lamarck ile "Hıristiyan bir jeolog"¹⁷ olmakla övünen Amerikalı Edward Hitchcock, Darwin'in evrim teorisini açığa vurmada önceki yıllarda ağaç düşüncesindeki değişimleri eserleriyle (ve şematik çizimleriyle) en iyi şekilde yansıtan iki biliminsanıdır.

Lamarck çok yönlü bir şahsiyetti: Alt soylu takımına ait, asker kökenli bir aileden gelen, askerlik yapmış, ardından kendisini bir botanikçiye dönüştürmüş, 1793'te yani Terör Dönemi'nin arifesinde Paris'teki Ulusal Doğabilimleri Müzesi'nde zooloji profesörlüğüne atanmış biriydi. Müzedeki unvanı onu üzerinde hiç çalışmadığı üç kategoriden, "böcekler, kurtçuklar ve mikroskobik hayvanlardan" sorumlu kılmişti.¹⁸ Lakin hızla uyum sağlamış, hatta *omurgasızlar* terimiyle bunları kapsayacak bir sözcük bulmuştu. Bitkileri bırakmış, Fransız Devrimi'nin en korkunç günlerinde omurgasızlar üze-

rinde çalışmıştı. Böylece Antoine-Laurent Lavoisier gibi diğer biliminsanları giyotine yollanırken, en azından başını koruyabileceği kıt kanaat bir maaşı olmuştu. Lamarck'ın 1790'da Jardin du Roi'da [Kralın Bahçesi] çalışırken kurumun ismindeki kraliyet ibaresini kaldırmakta ısrarcı olup adını Jardin des Plantes [Bitki Bahçesi] olarak değiştirmesi, muhtemelen onun devrimciler arasındaki konumuna katkıda bulunmuştu. Sağlam politik içgüdülere sahip olduğu kesindi. Türlerle ilgili alışıldık görüşü (sonsuzluk dek değişmedikleri ve Tanrı tarafından yaratıldıkları) 1797 yılına dek muhafaza etti ama görüşleri sonrasında, muhemen fosiller ve canlı yumuşakçalar üzerine yaptığı araştırmalar sonucunda değişti. Bu çalışmalar aşamalı bir dönüşümün örüntülerini gösterir gibiydi. 11 Mayıs 1800'de, omurgasızlar üzerine verdiği yıllık eğitimin ilk dersine bir evrimci olarak çıktı. Sonrasında evrimsel zooloji üzerine üç büyük eser yayımladı. Bunların arasında en etkili olan 1809'da çıkardığı *Philosophie Zoologique*'ti [Zoolojinin Felsefesi].

Lamarck dört karısı ve yedi çocuğunun üçünden daha uzun bir ömür yaşadı. Devrimden, Napoléon döneminden ve Bourbon Restorasyonu'nun büyük bir bölümünden sağ kurtuldu. Aşağıya doğru kıvrılan dudaklarıyla yakışıklı bir adamdı. Yavaş yavaş kelleşiyordu ve yaşamının son on yılında gözleri görmez olmuştu. Vefalı ve sadık kızı Corneliye ona hayatını adamıştı. Babasına Fransız romanları okuyordu. 85 yaşında öldü ve Geoffrey St. Hilaire gibi önemli meslektaşları tarafından övgülere boğuldu. Fakat sonrasında işler o kadar da iyi gitmedi. Naaşı Montparnasse Mezarlığı'nda kendisine ayrılmış kalıcı bir noktaya değil, sıradan bir hendeğe gömüldü. Dahası bu mezar çukurları sürekli geridönüşümden geçirildiği için kemikleri muhtemelen, binlerce yoksul ve önemsiz insanınkiyle birlikte Paris katakomplarına gitmişti. Lamarck'ın ziyaret edilecek bir mezarı olmadı. Bir biyografi yazarının ifadesiyle hızla "unutulup tanınmaz biri" oldu.¹⁹ Şöhreti hemen olmasa da tekrar hatırlanacaktı fakat dünyanın ilk ciddi evrim teorisyeni için sevimsiz bir son olmuştu.

Lamarck bugünlerde yaygın bir biçimde, isminin temsil ettiği şeyle ilişkilendirilmektedir: Lamarck'çılık. Elde edilmiş niteliklerin miras yoluyla aktarılma fikri için kullanılan kolay ama özensiz bir

etiket. Birçok insan belli belirsiz de olsa Darwin'in selefi olduğunun farkındadır. Teorisi kışkırtıcı ama hatalı olan, Darwin'in aksine miras yoluyla aktarılabilen ve kazanılmış özelliklerle ilgili asılsız bir düşünceye bel bağladığı için sonraki bulgularla çürütülmüş bir öncü olarak görülür. (Gerçekler bu kadar basit değildir. Örneğin Darwin'in kendisi kazanılmış niteliklerin mirasla aktarılışını, "kullanma ve bırakma" başlığı altında evrimsel güçlerin arasına dahil etmiştir.) Lamarck'ın bizzat ortaya koyduğu ve bu miras yoluyla aktarılan adaptasyonların en bilindik örneği zürafalardır. Afrika'nın kurak ovalarında yaşamış proto-zürafalar yüksek ağaç yapraklarına uzanmaya çalıştıkça, bu çaba onların boyunlarını ve ön bacaklarını (sözde) uzatmış, böylece soyları (yine sözde) daha uzun boyunlar ve ön bacaklarla dünyaya gelmişlerdir. Lamarck'çılık en karikatür haliyle, hakir görmesi kolay fakat bütünüyle yok etmesi çok zor bir şey olmuştur.

19. yüzyılın sonunda yani genel anlamda evrim düşüncesinin kabul gördüğü ama Darwin'in özgün teorisindeki önemli ayrıntıların, doğal seçilimi birincil mekanizmalardan biri olarak gören yaklaşımının geniş kesimler tarafından reddedildiği günlerde yeniden moda oldu. Doğal seçim aşırı mekanik, yalın ve güdümsüz bir olgu gibi görülmekteydi. Birçok evrimci için nahos bir düşünceydi. Bu durum on yıllar boyunca sürdü (Darwin'in evrim fikrini kabul eden ama nasıl gerçekleştiğini aktaran açıklamalarını kabul etmeyen dünya). Oysa şimdi bunu sadece tarihçiler hatırlamaktadır. Lamarck'çılık ise neo-Lamarck'çılığa dönüştü ve daha az nihilist bir seçenekmiş gibi göründü. Kuşkuyla ama kökten kazanamayan bir kavram olarak varlığını sürdürdü (tek bir ilkeyle, kazanılmış özelliklerin mirasla aktarılmasında somutlaşıyordu). Hatta günümüze dek küçük ve âni dalgalarda halinde yeniden değerlendirilmeye tabi tutuldu.

Ancak bu tek ilke asla Lamarck'ı tümüyle tanımlayan şey olmadı. Başka fikirleri de vardı. Bazıları daha kötüydü. Kendiliğinden üremeye inanıyordu. En azından doğal bir süreç olarak türlerin yok olduğuna inanmaz olmuştur. Canlı yaratıkların bedenlerinden akan "zor görünen sıvılar"ın olduğunu, bu sıvıların adapte olacak şekilde yeniden biçimlenmelerine yardım ettiklerini iddia etti.²⁰

İlk botanik çalışmalarından birinde, hayvanlara geçmeden ve

TABLEAU

Servant à montrer l'origine des différens animaux.

Vers.

Infusoires.

Polypes.

Radiaires.

Annelides.
Cirripèdes.
Mollusques.

Insectes.
Arachnides.
Crustacés.

Poissons.
Reptiles.

Oiseaux.

Monotrèmes.

M. Amphibia

M. Cétacés.

M. Ongiculés.

M. Ongulés.

Lamarck'ın noktalı ağacı, 1809.

evrimle ilgili aydınlanma ânına ulaşmadan önce, Lamarck bitkileri “gerçek sıralanma düzeni”ne göre organize etmişti.²¹ Eski tip yaşam merdiveni üzerinde, mükemmellikten en uzak olandan en kusursuz olana uzanan bir sıraya dizmişti. Bunu hayvanlar için hazırladığı, “benzer” bir düzenlemeyle dizilmiş başka bir merdivenle eşleştirdi.

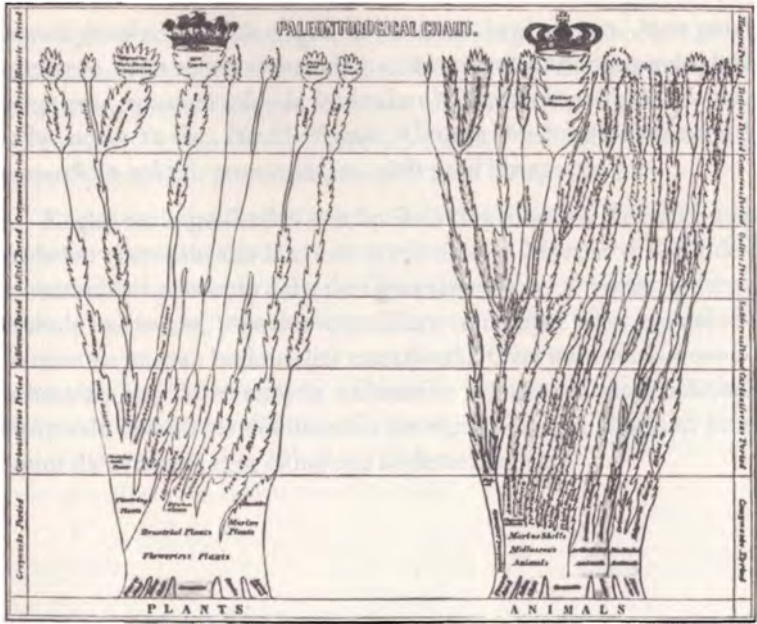
Merdivende yukarıya doğru çıkan bir dizi canlı form gösteriliyordu: kurtçuklardan böceklerle, oradan balıklar, amfibiler ve kuşlara, ardından memelilere uzanıyordu. Bu merdivenlerden hiçbirinde, ortak atalardan türeme veya dönüşümden iz yoktu. Ancak 1809’da çıkardığı *Philosophie Zoologique*’e, hayvanlardaki çeşitliliği tarih eden, farklı, ilk bakışta zor görülsede çok çarpıcı bir figür koymuştu. Kollara ayrılan bir semaydı ve sayfanın altına doğru iniyordu. Önemli

hayvan grupları noktalı çizgilerle birbirine bağlanmıştı. Aynı pankekçilerde, kâğıt servis altlarında çocuklar için hazırlanmış noktaları birleştirme oyunları gibiydi. Noktaları birleştir ve gizli şekli keşfet. Aa bir uçak! Ya da... bir fil! Yoksa... George Washington'un suratı! Lamarck'ın noktalı şemasındaysa, gizli şekil bir ağaçtı.

Kuşlar sürüngenlerden ayrı bir dala tünemişlerdi. Böcekler ana gövdeden yumuşakçalardan önce ayrılmışlardı. Morslar ve diğer deniz memelileri gövdenin daha ileri kısımlarında yer alıyorlar, onların ötesinde balinalara, toynaklı memelilere ve nihayet diğer memelilerin tümüne uzanan başka dallar uzanıyordu. Özel hususlar konusunda hataları olsa da ve tersyüz edilmesine rağmen bu şema bilimsel düşüncede önemli bir dönüşümün işaretçisi olmuştu. Bilginler bize bunun ilk evrimsel ağaç olduğunu söylemektedirler.

Edward Hitchcock ilk evrimsel ağacıyla Lamarck'ın karşı noktasıdır. Çünkü Hitchcock, Darwin'in gelip her şeyi değiştirmeden önceki dönemlerde son *ön*-evrimsel ağaçlardan birini sunmuş kişidir. Aslında Hitchcock 1840 tarihli *Elementary Geology* [Jeolojîye Giriş] kitabında biri hayvanlar diğeri bitkiler için iki ayrı yaşam ağacı sunmuştu. Bu eser 19. yüzyılın ortalarında başarılı ve sık sık yeniden basılan bir metin olmuştu. Hitchcock'un ağaçları da yenilikçiydi. Sadece yaşayan canlıların yakından gözlemlenmesine dayanmayıp, fosillerle ilgili derin bilgi birikimi üzerine temellenmiş ilk çalışmalardandı. Çizimini "Paleontolojik Harita" olarak adlandırmıştı.²² Dahası gösterdiği şey hayvan ve bitki krallıklarının Kambriyen dönemden (yaklaşık 540 milyon öncesinden başlayıp) günümüze uzanan jeolojik zaman aralıklarında yaşadığı değişimlerdi.

Hitchcock'un ağaçları klasik anlamda ağaç biçiminde değildi. Bir akçağaç veya meşe gibi yukarıya doğru saçaklanarak uzanmıyordu. Hayvanlar için çizdiği ağaç da bitkilerin ağacı da, yol kenarlarına dikilip rüzgâra siper olması için sık aralıklarla yerleştirilen karakavaklar gibiydi. Bu rüzgâr kesen ağaçların tabanı kalındı, sağlam göv-



Hitchcock'un "Paleontolojik Haritası", 1857 versiyonu.

delerden oluşuyordu. Gövdelerinden zayıf dallar uzanıyordu, yumuşak ve kabarık yaprakları vardı ama yükseldikçe dallanmaları azalıyordu. Dik, paralel yapılarıyla bağımsız bir görünümüleri vardı: kabuklular, kurtlar, çift kabuklu yumuşakçalar, omurgalılar. Omurgalıların dalı birkaç kola ayrılıyordu. Modern memelilere uzanan kolun zirve noktasında *İnsan* yazılıyordu. Onun üzerinde de haçla süslenmiş bir kraliyet tacı vardı.

Taç giymiş "İnsanlık" haçı bize Hitchcock'un yaşayan dünyadaki hiyerarşi algısı hakkında bilmemiz gereken her şeyi anlatmaktadır. Jeolojisini doğal teoloji olarak bilinen geleneğin üzerine sağlam bir şekilde oturmuştu; bu da bilimin amacının, her şeyin yaratıcısı olan, Tanrı'nın gücü ve bilgeliğini, bu ilahi yaratıcılığın doruk noktası olan insanlarla aydınlatmak anlamına geliyordu. Dindar, hırslı bir New England *yankee*'siydi ve "Paleontolojik Harita"sı jeolo-

jik bulgularının dışında, insanları yaratılışın zirvesi olarak gören bakış açısını yansıtıyordu.

Hitchcock Massachusetts Deerfield'da yoksul bir aileye doğmuştu. Babası Devrim Savaşı'nın* gazilerinden biriydi ve çekirdekten yetişme bir şapkacıydı. Üç oğlu ve bolca borcu vardı. Oğullarını ilkokula gönderecek ve yerel akademide biraz ders aldırarak kadar para bulabilmişti. Hitchcock'un aktarımıyla, o noktadan sonra "önünde ağır ameleliklerden başka hiçbir şey yok"tu.²³ Bir şapkacı olarak babasına çıraklık yapma veya başka bir zanaatle uğraşma fikri karşısında tereddüt içindeydi. Bunun yerine çok uzun veya uzunmuş gibi hissettiren bir süre boyunca bir çiftlikte çalıştı (kiralanmış bir araziydi, abilerinden biri ekimini yapmıştı). Daha sonra burada kaç yıl çalıştığını hatırlamadığını söylemişti. Genç Edward boş zamanlarında, özellikle yağmurlu günlerde ve akşamlarda, bilimsel kitapları ve klasikleri okuyordu. Hırslı ve açtı, kendisini Harvard'a hazırladığını düşünüyordu. Amcasının etkisiyle astronomiyle uğraşır oldu. Ardından 1811 yılında büyük bir kuyrukluyıldız geldi. Göklerden gelip geçen bu yolcu yıldız, kuzey semalarında parlaklığının zirvesine o yılın güzünde, Hitchcock 18 yaşındayken kavuşmuştu. Deerfield Akademisi'nden bazı araçlar ödünç almış ve gecelerini onun ilerleyişini ölçerek geçirmişti. "Kendimi bu uğraşa öyle gayretli bir şekilde kaptırmıştım ki sağlığım bozulmuştu," diye yazacaktı sonrasında.²⁴

Yaşadığı sağlık krizi dinî bir dönüşümü beraberinde getirmişti: Kapıldığı Üniteryanizmden** babasının Kongregasyonculuğuna*** dönmüştü. Bu Edward Hitchcock'un yaşamında düşüncelerini çarpıcı bir şekilde yeniden gözden geçirmesine neden olan bir süreçti. Harvard yerine Deerfield'a döndü ve 23 yaşında akademinin müdürü olarak işe alındı. Ardından vaizlik dersleri aldı, papaz unvanı aldı

Amerikan Bağımsızlık Savaşı. (Ç.N.)

Unitarianism. Teslis inancından farklı olarak, Tanrı'nın birliğini ve tekligini savunan Hristiyan teolojik hareketi. (Y.N.)

Congregationalism. İngiltere'de 16. ve 17. yüzyıllarda ortaya çıkan Hristiyan hareketi. Her yerel dinî cemaatin otonom ve bağımsız olduğu bir Protestan Kilisesi idare biçimi. (Y.N.)

ve Deerfield'ın biraz ötesinde kalan, Massachusetts Conway'deki Kongregasyoncu kiliselerden birinde papaz oldu. Bu yıllar boyunca ve yaşamının geri kalanında Hitchcock, bedensel anlamda olmasa bile kendi gözünde hep sakat biri olarak kaldı. Kırılğanlığını saplantı haline getirmişti, 70'ine kadar yaşamasına rağmen hep yakında öleceğinden yakınıp durdu. Eserleri ve çalışmalarına bakan âlimlerden biri, onu "birinci sınıf bir hastalık hastası" olarak adlandırmıştı.²⁵

Bilimsel kariyerine uygun bir gelişme oldu ve 1825 güzünde bozulan sağlığı nedeniyle, vaaz vermeyi, cemaati dolaşmayı, dinî toplantılar düzenlemeyi bırakmazsa (kendi evhamlı yargısına göre) yakında öleceğini düşündüğünden Conway papazlığından "azledildi".²⁶ Yakın zamanda kurulan Amherst Koleji, onu kimya ve doğa tarihi öğretmesi için işe aldı ve yaşamının geri kalanını burada geçirdi. Daha sonra doğa teolojisi ve jeoloji profesörü oldu. Ayrıca dokuz yıl boyunca müdür olarak hizmet verdi. Hitchcock'un Amherst'deki kariyerinin ilk yılları, Charles Lyell'in İngiltere'de çok ciltli *Principles of Geology* [Jeolojinin İlkeleri] adlı eserini yayımladığı döneme tekabül etmişti. Bu jeolojik kayıtları kutsal metinler ışığında ele alan ve Hitchcock'ununki de dahil eden yorumlara meydan okumuş radikal bir eserd.

Kıyamet kuramı olarak bilinen geleneksel düşünce ekolü, yeryüzünün tarihini, adeta Yaratıcı'nın fırlattığı yıldırımlarla oluşmuş bir dizi yıkıcı altüst oluş olarak görmüştü. "Yaratılış"ta Nuh Tufanı olayıyla anlatıldığı şekliyle, 40 gün 40 gece aralıksız yağmur yağdırmış yıldırımlar gibi. Bu felaketler yönlü ve maksatlı eylemler olarak değerlendirilmiştir. Bir bakıma Tanrı bunları, gezegeni bazı yaratıklardan arındırmak (dinozorlar, defolun!) ve yeni varlıklar eklemek (memeliler, yükselin!) için birer fırsat olarak kullanmıştır. Lyell'in alternatif bakışı ise tekdüzencilikti*. Geçmişte yeryüzünü biçimlendirmiş süreçler ve hadiselerin erozyon veya çöküntülerle, ara sıra meydana gelen volkanik patlamalar gibi fiziksel olaylar olduğunda

Uniformitarianism. Aynı doğa kanunlarının ve süreçlerinin geçmişte de her zaman işlediği ve evrenin her yerinde geçerli olduğu varsayımdır. (Y.N.)

ısrarcıydı. Bugün olmaya devam eden şeyler geçmişte de kabaca aynı oranla yaşanıyordu. Bu güçler diğer sonuçların yanı sıra türlerin yok olmasına yol açıyordu. Tanrı'nın hangi hayvanlarla bitkilerin var olması gerektiğine karar verirken yaşadığı tereddütler, Lyell'e göre buna dahil olmamaktaydı.

Hitchcock, Lyell'in eserini 1830 ile 1833 yılları arasında ilk üç cildi yayımlanır yayımlanmaz okudu ve çok rahatsız edici buldu. Kendisi genç dünya yaratılışçısı değildi. Volkanizma ve erozyonların süregelen süreçler olduğunu kabul ediyordu. Fakat Lyell'in gezegene bakış açısının "İlahî yarattığı şeyden ve erkinden kovacağı"ndan korkuyordu.²⁷ Seller üzerine yazdığı bir makalede Hitchcock, Kutsal Kitap'la jeolojik kayıtları karşılaştırıp kurnazca şu satırları yazmıştı: "Bay Lyell'in dinî inançları hakkında hiçbir şey bilmiyoruz. Fakat kutsal metinde geçen konuları böyle muğlak bir tarzla ele alışında, bize kâfirlere özgü kurnazlıklarla hilekârlıkları andıran bir şeyler vardır."²⁸ Lyell en azından *Principles of Geology*'yi yazdığı dönemde saygılı bir Anglikan'dı, bir kâfir değil. Ama Hitchcock belli ki, Lyell'in eserinin bazı okuyucularda tanrıtanıma, materyalist fikirler kışkırtabileceğini, belki kendisinden bile daha iyi hissetmişti.

Kışkırttığı kişilerden biri Charles Darwin'di. Lyell'in üç cildini *Beagle*'in güvertesinde okumuş ve etkisine girmişti. Bu sadece jeolojide tekdüzenciliğe yönelmesiyle değil, neticede (çünkü Lyell onları benimsemese de Lamarck'ın fikirlerini betimlemekteydi) evrim teorisine yaklaşmasıyla olmuştu. Dolayısıyla Hitchcock, Lyell'in sözde "kurnazlığı ve hilekârlığı" konusunda hatalı olsa da, *Principles of Geology* kitabının okuyucuları (her halükârda çok hayati bir okuyucuyu) kaygan zeminlere iteceğinde haklıydı.

1840'ta yani Lyell'in üçüncü cildi çıktıktan yedi yıl sonra, Hitchcock *Elementary Geology*'sini yayımladı. Beraberinde karavaklarla yaptığı paleontolojik haritası da yayımlanmıştı. Evrimsel olmayan iki yaşam ağacını temsil eden, elle renklendirilmiş, katlanmış bir şema olarak kitaba eklenmişti. Harita jeolojik süreç içinde yeryüzünün bitki ve hayvanlarında yaşanan değişimleri gösteriyordu. Belli bitki veya hayvan gruplarının çeşitliliği ve bolluğu artıp azalıyor ama birbirlerinin içinden dallanıp budaklanmıyorlardı. Hit-

chcock'un metinde yaptığı açıklamayla bu değişimlerin sebebi, Tanrı'nın dolaysız failliği idi. Dünyayı uzun vadeli bir proje gibi geliştirip mükemmelliğe kavuşturması, ona yeni yaratıklar ekleyip diğerlerini çıkarmasıydı. Bu bir miktar zorlama şemaya göre her yerde başat gruplar vardı ama süreç içinde "daha üst örgütlenme" düzeyini açığa seren yeni türler eklemişti.²⁹ Ta ki en sonunda yeryüzü "daha mükemmel" türde yaratıklara hazır hale gelene kadar. "En başlarındaysa hepsinden üstün olan insanlar" geliyordu. Kendi kalemıyla "yüce ırklar"ın yavaş yavaş yeryüzüne gelişi, "İlahî Bilgelik'in ona getirdiği ve daha mükemmel niteliklere sahip ırklara uyum sağlayan yeryüzünün değişen koşullarıyla mükemmel bir şekilde açıklanmaktadır."³⁰ Bunlar Tanrı'nın özel yaratıklarıdır. Ortamsal değişimlere uygun varlıklardır. Tanrı gezegenin bitki ve hayvan âlemini baştan kurgulamamakta, sadece yeni açığa çıkan oyuklara onları adapte etmektedir. Eğer bu mantıklı gelmiyorsa Charles Lyell'i veya beni suçlamayın.

Hitchcock'un *Elementary Geology*'si büyük bir başarıya dönüştü. 1840 ile 1850'li yılların arasında 30 baskı yaptı. Bunlarda dilsel ve verisel anlamda ufak revizyonlar yaptı. Baskıların hepsinde ağaç figürleri kaldı – renk ayarlamaları dışında hiç değişmedi. Sonra bir şey oldu. Bu şeyin sonunda veya beklenmedik bir tesadüf sonucunda, Hitchcock'un kitabının 1860'ta çıkmış 31. baskısında önemli bir fark oluştu. Bir çıkarma. Hiç ağaç yoktu artık.

Olan şey 1859'da Charles Darwin'in *Türlerin Kökeni*'ni yayımlamasıydı. Onun kitabında da bir ağaç vardı ama yeni anlamıyla tehlikeli bir ağaçtı bu.

Bu âna dek Darwin, teorisini yarım ömürlük bir süre zarfı boyunca gizlice kuluçkayla geliştirmişti. 1837’de B isimli not defterine çizdiği küçük ağacından sonra okumaya, olguları toplamaya, örüntüler üzerine kafa patlatmaya, ifadelerini düzeltmeye devam etmişti. 16 ay boyunca, “C”, “D” ve “E” ismini verdiği bir dizi defterle, adeta masa üzerinde yapboz parçalarını bir araya getirmeye çalışan biri gibi ateşli beyin fırtınaları yapmayı sürdürdü. Sonra birdenbire, Kasım 1838’de E isimli defterine notlar alırken, türlerin *nasıl* evrildiğiyle ilgili bulmacayı çözüverdi. Zihninde üç parçayı bir araya getirmesiyle, evrim için açıklayıcı bir mekanizmaya kavuştu.

İlki kalıtsal süreklilikti. Soyun takipçileri genelde ebeveynlerine ve atalarına benziyordu. Bu da zaman geçtikçe, arka planda kalıcı bir benzerliğin oluşmasını sağlıyordu. İlki karşısında karşı eğilim olan ikinci etmen, farklılaşmanın yaşanmasıydı. Yavruları *tam anlamıyla* ebeveynlerini andırmıyorlardı. İnsanlarda kahverengi gözlü, mavi gözlü, daha uzun boylu, daha kısa boylu, saçları farklı renklerde veya burun şekilleri farklı kişiler vardı. Kelebeklerde kanatlardaki işaretler, kuşlarda gagaların boyutu, zürafalarda boynun uzunluğu

farklılaşıyordu. Üreme aynı ve sabit değildi. Aynı şekilde kardeşler de aynı anne babalar ve yavrular gibi birbirinden farklıydılar. Darwin bu iki unsurun yani kalıtsallık ve farklılaşmanın, bir tür dinamik bir gerilim içinde var olduklarını görmüştü.

Yakın zamanda üzerinde düşünmeye başladığı ve eklektik okumalar sayesinde dikkatini çeken üçüncü yapboz parçası, nüfus artışı-nın mevcut geçim araçlarını hep aşma eğiliminde olmasıydı. Yeryüzü her zaman aşırı miktarda hayatla doluyordu. Dişi bir kedi beş kedi yavrusu doğurabiliyor, bir tavşandan sekiz yavru üreyebiliyor, bir somon binlerce yumurta bırakabiliyordu. Yavrularının hepsi hayatta kalır ve üreyebilirlerse, ortaya kısa sürede çok miktarda kedi, tavşan ve somon çıkacaktı. Tek seferde doğan yavruların sayısı, doğurgan ömür süresi, insanlar da dahil olmak üzere organizmanın türü ne olursa olsun hepimiz, sadece aritmetik bir artışla değil geometrik bir dizilim içinde çoğalma eğilimindeyiz. Yani 2, 3, 4, 5 şeklinde değil 2, 4, 8, 16 şeklinde üremekteyiz. Bu esnada yaşanan alan ve gıda tedarikinde artış olsa bile, bu denli hızlı gerçekleşmemektedir. Yaşam alanları kendilerini kopyalamaz. Mekânlar kalabalıklaşır. Yaratıklar acıkir. Mücadele ederler. Sonuç rekabet, yoksulluk ve sefalettir. Kazananlar ve kaybedenler vardır. Başarısız üreme girişimleri olur ve daha talihsizler için ömür erken sona erer. Çok fazla kişi çağrılır ama çok az kişi seçilir. Darwin'in gözlerini bu gerçeğe açan kitap, keskin mantıklı bir ruhban ve âlim olan Thomas Malthus'un *Nüfus İlkesi Üzerine Bir Deneme*'siydi.

Malthus'un kasvetli tezi ilk kez 1798'de yayımlandı. Sonraki 30 yıl içinde altı baskısı oldu ve Britanya'nın refah politikalarına etkisi oldu. (Dönemin Yoksulluk Yasaları'ndaki görece kolay hayırseverliğe karşı çıkıyordu. Nitekim kısa sürede değişecekti.) Darwin kitabı 1838 güzünün başlangıcında, ileride kullanacağı ifadeyle "eğlencesine" okumuştur.³¹ Eğlence nadiren bu kadar verimli olur. Bu sayede eline diğer iki yapboz parçasıyla birlikte nüfus unsuru da geçmişti ve D isimli not defterine şöyle bir ifade karalamıştı: "Malthus'tan yapılan çıkarımla türlerin savaşı."³² Evet, bu "savaş" sadece insanları kapsamıyordu. Darwin diğer yaratıkları da içine aldığını görmüştü. Rekabet çetindi ve fırsatlar sınırlıydı. Darwin'in kalemiyle "yüz binler-

ce kamayı andıran bir gücün olduğunu söylemek mümkündür.”³³ Her biri doğanın ekonomisindeki boşluklara “her tür adapte yapıyı zorla sokma” gayretindeydi. Ardından şunu eklemişti: “Bu kamaların hepsinin nihai amacı, uygun bir yapıyı ayıklayıp değişime uyum sağlamak olmalı.” “Nihai amaç”la kastettiği şey esas olarak nihai sonuçtu: Mücadele ortaya iyi adapte olmuş formlar çıkarıyordu. Hâlâ gelişmemiş ve kötü ifade edilmiş olsa da özü buydu.

Darwin D isimli defterini bitirirken Malthus’u geride bırakmış gibiydi ama sonraki defterinde ona yine dönecekti. E ismi verdiği ve Ekim 1838’de tutmaya başladığı defter metal tokalıydı ve pas rengi deriyle tutturulmuştu. Biyoloji tarihinin gerçek yadigârlarından biriydi. İlk sayfalarında Darwin “büyük nüfus izdihamı”³⁴ üzerinde biraz daha kafa yoruyor ve tekrar tekrar “teorim” demeye başladığı bir şeyden bahsediyordu.³⁵ Giderek kendinden emin ve net birine dönüşüyordu. Ardından, 27 Kasım’da veya kısa süre sonra, alışıldık kırık grameri ve acayip noktalamalarıyla şunları yazmıştı:

Her şeyi açıklayacak üç ilke:

1. Torunlar, atalara, benziyor
2. Küçük değişimler yaratan eğilimler... özellikle fiziksel değişimler
3. Anne babaların desteğine oranla büyük bir doğurganlık

Kalıtım, farklılaşma, aşırı nüfus. Birbirleriyle nasıl uyuştuklarını görmüştü. Bu üçünü bir araya getirin ve kolu çevirin: Şu veya başka etmenlere göre sağ kalma şansınız değişecek. Peki, neye göre? En avantajlı olan farklılaşmalara göre. Dahası bu farklılaşmalar genelde kalıtım yoluyla aktarılacak. Sonuç kalıtımla aktarılabilen formların yavaş yavaş dönüşüm geçirmesi ve selektif ayırım süreciyle koşullara adapte olmasıdır. Neticede bu kola şu ismi verecekti: Doğal seçim.

E isimli defterine bunları yazmasının üstünden 20 yıl geçmişti. Dünya doğal seçim hakkında hiçbir şey duymamıştı.

E adını verdiği gizli defterine bu dört satırı yazdığı günle Darwin'in teorisini ilk kez insanlara duyurduğu tarih arasında geçen 20 yıla yakın süre insanın kafasını karıştıracak kadar uzun bir gecikmeydi. Daha uzunuyrsa teorisini kitap olarak yayımlaması için geçen 21 yıldı. *Türlerin Kökeni* Kasım 1859'da çıktı. Hem bilimsel hem kişisel sebepleri olan, hem kaygıların hem taktiklerin yol açtığı bu gecikmenin sebepleri başka eserlerde en ince ayrıntılarıyla incelenmiştir (içlerinde benimkiler de vardır). Burada şu notu düşmek dışında hepsini geçmemiz mümkün: Darwin nihayet teorisini kamuoyuna açtı çünkü genç bir doğabilimci aynı fikirle öne çıkıp onu zorlamıştı.

Alfred Russel Wallace, Amazon'da yaptığı dört yıllık saha çalışmalarından ve Malay Takımadaları'nda geçirdiği dört yıldan sonra, tesadüfen doğal seçim kavramına ulaşmıştı (bu sözcüklerle değil kendi diliyle çerçevelemişti) ve kısa bir makalede kaleme almıştı. Çok sonraları Wallace'ın anlattığı şekliyle bu fikir, koleksiyon seyahati için çıktığı kuzey Maluku Adaları'nda ufak bir molada aklına gelmişti. Farklılaşmayla aşırı nüfusu bir araya getirip başarılı varyasyonları çıkarınca, ortaya kalıtsal adaptasyon kalıyordu. Ateşi kesi-

lip teri kuruyunca ve hayal meyal hatırladığı beyin fırtınası hâlâ kendisine ikna edici gelince, Wallace elyazmalarını birleştirdi ve üzerine düşünmeye çalıştı.

Fakat kendisi yoksul bir adamın oğluydu. *Beagle*'daki Darwin gibi gezgin bir centilmen değil, tropik adalarda yaptığı gezileri dekoratif numuneler (kuş derileri, kelebekler, güzel böcekler) satarak gerçekleştirebilen biriydi. Wallace iyi eğitilmiş ya da sıkı bağlantıları olan biri değildi. Britanya veya Avrupa bilim dünyasının üst çevrelerinde neredeyse hiç kimseyi tanııyordu. Her halükârda yüz yüze ilişkileri ve akranları yoktu. Masraflarını çıkarmak için kurutulmuş canlıların koleksiyonunu yapan bir doğa tarihi tüccarıydı. Victoria döneminde Britanya toplumunun diğer her unsurunda olduğu gibi, bilimde de sınıfsal bir tabakalaşma vardı. Ancak ilk makalelerinden bazılarını saygın bir dergide yayımlamıştı ve bu makalelerden biri büyük jeolog Charles Lyell'in olumlu ilgisini çekmişti. Ah, ayrıca Wallace şahsen olmasa da meşhur bir kişiyi daha tanıyordu. Bir mektubunda kendisiyle bolca konuştuğu ve bir bakıma mektup arkadaşlığı yaptığı kişi Charles Darwin'di.

Tarih Şubat 1858'di. Bu dönemde Darwin'in aslında nasıl biri olduğunu (gizli bir evrimsel teorisyen olduğunu) kimse fark etmemişti ve Lyell onun yakın arkadaşlarıyla sırdaşlarından biri olarak bunu bilen küçük grubun içindeydi. Ancak Alfred Wallace kesinlikle bu grupta değildi. Onun için Charles Darwin geleneksel anlamda seçkin bir doğabilimci, *Beagle* günlüklerinin ve içinde yabankazlarının taksonomisini anlatan eserlerin de olduğu başka güvenli kitapların yazarıydı. Fakat Hollanda bandıralı bir posta gemisi kısa süre içinde, Wallace'ın mola verdiği Maluku Adaları'ndaki Ternate limanında duracaktı. Öyle olup olmadığı belli olmasa da keşfi onu heyecandırmıştı ve bu tehlikeli hipotezi bilim dünyasıyla paylaşmaya hevesliydi. Dolayısıyla kâğıtlarını bir kapak mektubu ile paketlenmiş ve bu paketi, onun değerli bulacağı umuduyla Bay Darwin'e postalamıştı. Belki değerli görürse Darwin bunu Bay Lyell'le paylaşır, o da yayımlanmasına yardımcı olurdu.

Paket Darwin'e muhtemelen 18 Haziran 1858 günü vardı ve ona dörtlüye koşan bir boğa gibi darbe indirdi. Kendisini ezilmiş, vurul-

muş, harap olmuş hissetmişti. Fakat Wallace'ın ricasını yerine getirmek yani dosyayı yayımlanması için iletmek bir onur meselesi olmuştu. Darwin bunun, 20 yıl boyunca kuluçkasında tuttuğu ama yayımlamaya pek hazır hissetmediği çığır açıcı bir fikrin tüm övgüsünü genç bir adamın almasına izin vermek demek olduğunu biliyordu. Buna rağmen Wallace'ın dosyasını Lyell'e iletmisti. Beraberinde acısını ifade eden yakarışlar da vardı. Lyell sadece evrakı değil imayı da almıştı. Lyell, Darwin'in bilimsel müttetiklerinden biri olan botanikçi Joseph Hooker'la birlikte onunla konuşup çaresizlikten çıkarmış, bu onuru feda etmek yerine duyarlı bir hakkaniyetle davranmasını önermişler ve övgüleri paylaşarak vereceği ödüne aracılık etmişlerdi. Çıkan sonuç, acemice bir araya getirilmiş bir sunumun (Wallace'ın makalesiyle Darwin'in yayımlanmamış yazılarından alınmış pasajlardan oluşturulmuş bir pastişti) 1858 yazında Britanya'nın bilimsel kulüplerinden birine, Linnean Topluluğu'na sunuldu. Lyell ve Hooker tanıtıcı bir not sunmayı önermişler, ardından olanları sadece izleyip dinlemişlerdi. Vekilleri çalışmalarını, iki yazar da orada yokken okudular. (Darwin en küçük oğlunu kızıl hastalığından yeni kaybettiği evindeydi; Wallace ise hâlâ Malay Takımadaları'nın uzak bölgelerindeydi.) Bu ortak sunum neredeyse kimse üzerinde bir etki bırakmadı. Hatta orada bulunan birkaç düzine Linnean üyesi üzerinde de tesiri olmadı çünkü gece sıcak, yazıların dili anlaşılmaz, mantık eksiltiydi ve büyük anlamlar belirgin değildi.

17 ay sonra Darwin *Türlerin Kökeni*'ni yayımladı. Darwin'ci devrim; 1858'de yazdığı makale veya pasajlar değil, 1859 tarihli kitabı oldu. Darwin'in yıllarca doğal seçim hakkında yazdığı, çok daha uzun (ve yorucu) kitabın sadece kısaltılmış ve aceleyle soyutlanmış bir versiyonuydu fakat *Türlerin Kökeni* doğru zamanda doğru formuyla tam da yeterli olandı. Teoriyi yalın bir kıyaslama olarak değil “uzun ve tek bir iddia” olarak sunmaktaydı³⁶ ve bunu sayısız dipnotla değil bir dolu veriyle yapıyordu. İfadeler doğrudandı ve okuyazar herkesin okuyabileceği bir metindi. Çok satan bir kitap oldu ve sayısız düzenlemeden geçti. Bir biliminsanı kuşağına evrim fikrini aşıladı (temel mekanizma olarak doğal seçilimi olmasa da). Başta Almanya olmak üzere farklı ülkelerde tercümesi yapıldı ve benimsenen bir eser oldu. İşte Darwin hâlâ bundan ötürü tarihin en saygın biyoloğu

iken; Alfred Russel Wallace sevgiyle anılan, gölgede kalmasıyla meşhur olmuş, sadece ismini duyan az sayıda insanın tanıdığı bir mağluptu.

“Uzun ve tek iddiası”nın düğüm noktası, kitabın “Doğal Seçilim” başlığını taşıyan ve Darwin’in teorisinin temel mekanizmasını tarif ettiği dördüncü bölümde gelmekteydi. 20 yıl önce defterlerine karaladığı üç ilkeli kombinasyonun aynısıydı ama ilaveten işlem den geçirilmişti. Kitapta şöyle yazıyordu: “Doğal seçim, niteliklerin farklılaşmasına ve az gelişmiş ara yaşam formlarının yok olmasına yol açar.”³⁷ Soyların zamanla değiştiğini söylüyordu. Bunları fosil kayıtlarında da görebilirdiniz. Farklı yaratıklar farklı oyuklara, farklı yaşam tarzlarına uyum sağlıyorlar ve bu sayede kendilerine özgü formlarıyla davranışlarıyla farklılaşıyorlardı. Geçici aşamalar kayboluyordu. Sonra yazdığı şöyleydi: “Aynı sınıfa ait tüm varlıkların akrabaları kimi zaman büyük bir ağaçla temsil edilirler. Bence bu teşbih hakikati büyük oranda karşılar niteliktedir.”³⁸

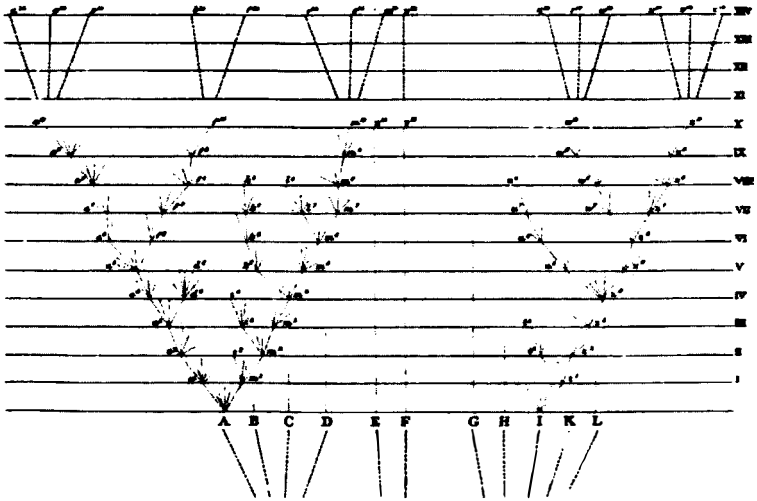
Darwin *Türlerin Kökeni*'ndeki bu bölümü kapatırken, uzun bir paragrafla ağaç benzetmesinin üzerinden geçiyordu. “Yeşil ve tomurcuklanan dallar var olan türleri yansıtıyor olabilir,” diye yazmıştı.³⁹ Buradan geriye doğru hareket ediyordu: Odunsu dallar ve küçük kollar yakın zamanda yok olmuş türlerdi. Dallar arasında mekân ve ışık için rekabet söz konusuydu. Büyük kollar dallara ayrılıyor sonra bunlardan daha küçük sapsar çıkıyordu. Hepsi de tek ve koca bir gövdeden yükselip yayılıyordu. Darwin'in ifadeleriyle “sürgünler taze tomurcukların büyümesiyle büyüdükçe” ve bu sürgünler dallara, o dallar kimisi enerjik, kimisi çelimsiz, kimisi gelişen, kimisi ölen kollarla dönüştükçe, “sanırım büyük yaşam ağacıyla birlikte yeni kuşaklar geliyor, yerkabuğunu ölü ve kırık dallarıyla doldurup yüzeyini başka başka kollar ve güzel dallanmalarıyla kaplıyordu.” Hoş bir sözcük vardı: *Dallanmalar*.

Bu bağlamda özellikle güzeldi çünkü Latince *ramus* kelimesinden türeyen bu sözcüğün gerçek tanımı “dalların oluşturduğu yapı” anlamına gelirken gevşek anlamı “çıkarımlar”a işaret ediyordu. Darwin'in ağacında çıkarımların olduğu kesindi.

Ayrıca kitabında, aynı Edward Hitchcock'un kinde olduğu gibi ağaca benzer bir çizim vardı. Bu kitabının ilk baskısında yer alan *tek* çizimdi. Bulunup bulunabilecek tek grafiksel görseldi. 116. ve 117. sayfaların arasında, soyların zamanla nasıl farklılaştığını tartışırken gösterilmişti. Aynı Hitchcock'ta olduğu gibi kıvrılmış ama düz siyah ve beyaz renklerle hazırlanmış bir resimdi. Ustalıklı çizilmiş bir ağaç değil şematik bir figürdü. Hatta yıllar evvel not defterine karaladığı o küçük eskiz kadar canlı bile değildi. Darwin buna diyagram diyordu. Evrimsel zamanla yukarı doğru uzanan ve farklılaşan hipotetik soyları gösteriyordu. Yani dikey olarak uzanıp yanlara doğru kollarla ayrılan noktalı çizgilerdi. Darwin bir sanatçı değildi fakat böyle bir yetenekten yoksun olsa da bir kalem ve cetvelle bu şemayı çizmiş olması mümkündü. Taşbaskıcıya yolladığı taslakta muhtemelen böyle yapmıştı. Fakat ağaçsı noktaları atmıştı.

Cetvelle çizilmiş sayfanın üzerinde dikey olarak kat edilen her mesafe, Darwin'in açıklamasıyla kuşaktan kuşağa bin yıl boyunca süren bir kalıtıma karşılık geliyordu. Çok derin bir zaman. 11 önemli soy yükselişe geçiyordu. Bunların sekizi çıkmaz sokaklara giriyorlar, yani tükeniyorlardı. Trilobitlerin, ammonitlerin, ihtiyozorların ve Plesiosaurus'ların hepsi bu sonla karşılaşmışlar, arkalarında soylarından hiçbir şey bırakmamışlardı. Soylardan biri aynı fasulye sapları gibi sonsuzluğun içinden dallara ayrılmadan ve eğilmeden uzayıp yükseliyordu. Bu zaman içinde değişmeden varlığını sürdürdüğü anlamına geliyordu. Kimi zaman canlı fosil olarak adlandırılan atnalı yengeçleri böyleydi. 450 milyon yıl boyunca görece değişmeden varlıklarını sürdürmüşlerdi (en azından dışarıdan bakıldığında, fosilleşmeden görülebileceği kadarıyla). Şemaya hâkim diğer iki soy çok daha sık dallara ayrılıyor ve dikey olarak tırmandığı gibi yatay düzleme de yaylıyordu. Ayrıldığı dallar ve yatay yayılımı yeni evrilen formların farklı oyukları keşfetmesini yansıtıyordu. Yani her şey ortadaydı: Evrim ve farklılığın kökenleri.

Massachusetts'te Edward Hitchcock, Darwin'in kitabını okudu ve adeta çileden çıktı. Dönüşüm fikrine ilk maruz kalışı değildi (Lamarck'ın eserini ve diğer çılgın spekülasyonları biliyordu) fakat karışındaki bu fikrin en güncel, en somut ve mantıklı ifadesiydi. Dola-



Darwin'in türlere ayrılma şeması, *Türlerin Kökeni*'nden, 1859.

yısıyla çok tehlikeli bir ikna ediciliğe sahipti. Fosil kayıtlarda doğrudan Tanrı'nın elini görmeyi tercih etmiş diğer dindar biliminsanları gibi –Harvard'tan Louis Agassiz, Cenevre'den François Jules Pictet ve Cambridge'te Darwin'in jeoloji hocalığını yapmış Adam Sedgwick–Hitchcock da memnun değildi.

Elementary Geology'sinin 1860 tarihli baskısına eklediği yazıda, Darwin'in kitabını ağırlıklı otoritelerin bulgularına dayanan sert bir yanıt verdi. Pictet'nin balıklara ait fosil kayıtlarında dönüşüme dair bir bulguya hiç rastlamadığını belirtiyordu. Agassiz hayvanların arasındaki benzerliklerin –nereden?– Yaratıcı'nın zihninden geldiğini söylemişti. “Başta Darwin olmak üzere birçok kişi türlerin aşama aşama dönüştüğünü söyleyen eğilimi benimseme eğilimindeyken, bu bilim üstatlarının görüşlerine dikkat edilmesi gerek,” diye yazıyordu Hitchcock.⁴⁰

Bu ılımlı ama kararlı ve dışlayıcı bir omuz silkmeydi. Hitchcock Charles Darwin'i görmezden geliyor ve okuyucularını da aynısını yapmaya teşvik ediyordu. Daha açıklayıcı ve savunmacı olansa diğer tepkisiydi: Kitabından ağaç şemasını kaldırması. Artık Paleontolojik

Harita diye bir şey yoktu. Sanki *Elementary Geology*'nin diğer baskılarına hiç konmamış gibiydi.

Artık ağaç imgesini sahipleneler Darwin ve Darwin'in takipçileriydi. 20. yüzyılın sonlarına dek yaşamın tarihini, zaman içinde geçirdiği evrimi, farklılığın ve adaptasyonun kökenlerini en iyi yansıtan şema olarak kaldı. Sonra birdenbire biliminsanlarından oluşan küçük bir grup bir şey keşfediverdi: Hop, hayır, bu da yanlış.

2

Ayrı Bir Yaşam Formu

Molekülleri bulgu olarak kullanarak evrimsel ilişkiselliği inceleyen moleküler filogenetik, 1958’de Francis Crick’in başka bir şey üzerine yazdığı önemli bir makalede yaptığı öneriyle başladı. Bu Crick’e has bir özellikti – öyle parlak ve öyle gözü kara bir hayal gücüne sahipti ki bazen dirsekleriyle bile biyolojinin rotasına etki edebiliyordu.

Crick’in ismini hayatının en meşhur zaferiyle biliyorsunuzdur: 1953’te Amerikalı genç ortağı James Watson’la DNA molekülünün yapısını çözmesiyle. Nitekim bu başarılarıyla o, Watson ve bir biliminsanı neticede 1962 yılında Nobel Ödülü alacaklardı. Crick 1958’de Stockholm’de şan şöhret düşleriyle dalgın dalgın dolaşırken vaktini harcamıyordu. Hâlâ DNA’yla ilgilenmekteydi fakat salt yapısal meselelerden daha büyük sorunlara geçmişti. Zihnini yoğun bir şekilde ama kendine has keyif alma duygusuyla genetik kodların şifresini çözmeye odaklamıştı.

Defalarca işittiğiniz ama belki hatırlamaya ihtiyaç duyduğunuz kod, dört harfli bir alfabeyle yazılmıştı ve her harf çift sarmallı

DNA'nın bir bileşenini temsil etmekteydi – kimya argosuyla nükleotit bazını. Bu dört harf şöyleydi: A (adenin), S (sitozin), G (guanin) ve T (timin). DNA'nın tam adı elbette deoksiribonükleik asittir ve sebebini anlamak önemlidir. Çift sarmalda, birbirine paralel bir şekilde merkezî bir eksen üzerinde dönerek kıvrılan iki sarmal iplik, nükleotit denen birimlerden meydana gelir. Bir zincirle iç içe geçen nükleotitlerin her birinde bir baz (yani A, S, G veya T), şeker (yani deoksiriboz) ve bir fosfat grubu (yani asidik unsur) vardır. Bir nükleotitin şeker ucu diğerinin fosfat ucuyla bağlanır ve iki uzun sarmal iplik ortaya çıkarır. Demin paralel olduklarını söyledim ama daha kesin ifade edilecek olursa, bu iplikler birbirinin *anti*-paralelleridir çünkü şeker-fosfat bağları onlara bir yön verir (ön uç ile arka uç) ve bir ipliğin ön ucu diğerinin arka ucuyla aynı hizaya gelir. Hidrojen bağlarıyla çaprazlamasına bağlanan nükleotit baz iplikleri bir arada tutar. A bazı T ile, S bazı G ile eşleşir ve ortaya spiral bir merdivenin basamakları gibi istikrarlı, sabit bir yapı çıkar. Watson ve Crick'in çıkarım yaparak keşfettiği işte bu şık düzenlenmedir.

Ancak *hiç de* istikrarlı bir yapı değildir. Kalıtsal verilerin depolanması, kopyalanması ve hayata geçirilmesinde olağanüstü derecede etkilidir. İki iplik birbirinden soyulduğunda, ipliklerden birinin (şablon iplik) üzerindeki baz dizilimi taklit edilmeye veya kullanılmaya hazır genetik bilgileri yansıtır. Watson ve Crick 1953'te yazdıkları makalede, bu kapasiteyi zarif bir utangaçlıkla belirtmişlerdir. Makale adeta taş oymuş gibiydi. Sadece bir sayfa uzunluğundaydı. *Nature* dergisinde yayımlanmıştı ve içinde bir çizim vardı. Sonlara doğru, çifte sarmallı yapılarını ve hep A ile T'yi, S ile G'yi bir araya getiren baz eşleşmelerini sunduktan sonra, şöyle yazmışlardı: “Öne sürdüğümüz özel eşleşmelerin, genetik materyal için olası bir kopyalama mekanizmasına işaret ettiği dikkatimizden kaçmamıştır.”⁴¹

Fakat kalıtsal devamlılık için bu materyalin kopyalanması bir şey, onu canlı organizmalara aktarmak başka bir şeydi. Nasıl aktarılıyordu? DNA'daki bilgiler hangi adımlarla fiziksel düzlemde hayat buluyordu?

Bu gizem bizi önce proteinlere götürmektedir. Genelde herkesçe yaşamın molekülleri olarak adlandırılan ve canlı süreçlere has

dört tür molekül vardır (karbonhidrat, lipid/yağ, nükleik asit ve proteinler). Proteinler belki en çok yönlü olan moleküldür. Yapısal, katalize edici ve taşıyıcı bir dolu işlevi vardır. Parça parça üretilmeleri ve bunların inşasıyla kullanım süreçleri üzerindeki kontroller DNA'da kodlanmıştır. Her protein aminoasitlerden oluşan, ayrıntılı ve ikincil bir yapı olarak kendi üzerine katlanmış çizgisel bir zincir den oluşur. Kimyada bilinen aminoasitlerin sayısı beş yüzü bulmasına rağmen, bunların sadece 20'si yaşamın temel bileşenleri olarak hizmet verir. Nitekim hemen hemen tüm proteinler bunların toplanmasıyla oluşur. Fakat hangi aminoasidin zincire gireceğini, dört bazlık dizilimlerden hangisi belirler? Lösini hangi harf kombinasyonu oluşturur? Hangi kombinasyon sisteini yaratır? A, S, G ve T hangi şekilde bir araya getirilirse glutamin anlamı çıkar? Tirozinin heceleri nelerdir? Bu temel mesele (bazlar aminoları nasıl belirler?), Francis Crick'in 1950'lerin sonunda kendisine yönelttiği "kodlama sorusu" olarak bilinir oldu. Bunu çözmek organizmaların nasıl büyüdüğü, yaşadığı ve ürediğini anlamada atılacak hayati bir adımdı.

Soruların içinde sorular vardı. Bazlar kombinasyonların içinde mi faaliyet yürütüyorlardı? Öyleyse kaç tanesi? Dörtlü gruptan çeşitli yollarla seçilen ve belli bir düzene sahip (ST, SG, AA ve diğerleri) iki bazlı kümeler, sadece 16 kombinasyona imkân veriyordu; yani 20 aminoasidin kodlanması için yeterli değildi. Belki de üç veya daha fazla bazdan oluşan kümelerdi? Eğer üç taneyse, (mesela STS, SGA, AAA) bu üçlüler birbiriyle mi çakışıyordu, yoksa aynı virgüllerle ayrılmış üç harfli sözcükler gibi ayrı işlevlere mi sahipti? Virgüller varsa, noktalar da var mıydı? Dört harf olası üçlü kombinasyonların tümüyle 64 farklı değişken çıkarıyordu. Bu 64 olası üçlünün hepsi kullanılıyor muydu? Kullanılıyorsa bu gereksiz bir kalabalığa işaret etmekteydi. Farklı üçlüler aynı aminoasidi kodluyorlardı. Kodun içinde "dur" diyen bir sözcük mü vardı? Yoksa bir gen nerede bitip başlıyordu? Crick ve diğerleri bunları öğrenme merakı içindeydiler.

Crick'in kendisi bu sorunun ötesinde de düşünmeye başlamış, proteinlerin fiziksel olarak kodlanmış bilgilerle nasıl oluştuklarını, birbirini takip eden sıra halinde aminoasitlerin nasıl meydana geldiğini sorgular olmuştı. Şablon ipliği kendi aminoasidini nasıl buluyor

veya kendisine çekiyordu? Bu birimler nasıl birbirine bağlanıyordu? Sadece yaşamın lisanını (harflerini, sözcüklerini, gramerini) değil konuşmasını sağlayan mekanizmaları da öğrenmek istiyordu. Yani ciğerlerini, gırtlaklarını, dudaklarını ve dilini anlamak istiyordu.

Crick 1950'lerin ortasında, Amerika Birleşik Devletleri'nde geçirdiği geçici sürenin ardından İngiltere'ye geri dönmüştü ve yeniden Cambridge'de Jim Watson'la çalıştığı Cavendish Laboratuvarı'nı mesken tutmuştu. Temel araştırmalarla tıbbi araştırmalar üzerinde belli yetkilere sahip devlet kuruluşu Tıbbi Araştırmalar Kurulu'yla (TAK) sözleşmesi vardı. Crick ve Watson'a bilim dünyasında şöhret kazandırmasına ve neticede Nobel Ödülü almalarını sağlamasına rağmen, DNA'nın yapısını çözmek Crick'in riskli maddi durumuna hiçbir doğrudan çözüm sunmamıştı. Kendisi ve eşi Odile'in üçüncü çocuğunun doğumu nedeniyle durumu her zamankinden daha acildi. Çalışmak zorundaydı: TAK'tan mütevazı bir maaş alıyor ve ara ara çıktığı radyo yayınlarında veya popüler makalelerin getirdiği ufak gelirle idare ediyordu. Şimdi ofisini, bardaki öğle yemeklerini, ateşli sohbetlerini ve karatahtasını Watson'la değil başka bir biliminsanıyla, Sydney Brenner'la paylaşıyordu. Cavendish'teki meslektaşlarından biri Crick'le tanıştıktan hemen sonra şu sonuca varmıştı: "Çalışma yöntemi sürekli yüksek sesle konuşmaktı."⁴² Konuşmadığında veya Brenner'ı dinlemediğinde zamanını bilimsel makaleler okuyarak, başka araştırmacıların sonuçları üzerine yeniden düşünerek, onu meşgul eden gizemlerin ipuçlarını bulmak için didik didik bilgi arayarak geçiriyordu. Veri üreten deneyselci biri değildi. Teorisiyendi. Muhtemelen biyoloji biliminde yüzyılın en iyi ve en sezgileri güçlü kuramcısıydı.

1957 yılının bir günü Crick bu meseleyle ilgili (DNA'nın nasıl proteinlere dönüştüğü) düşüncelerini ve bilgiye dayalı tahminlerini topladı ve Eylül ayında, Deneysel Biyoloji Topluluğu'nun o yıl University College London'da toplanan yıllık sempozyumunda sundu. Bir tarihçiye göre konuşması "toplantıyı kontrolü altına almış" ve "biyolojinin mantığını kalıcı bir şekilde değiştirmişti".⁴³ Basılı versiyonu bir yıl sonra, topluluğun dergisinde "Protein Sentezi Üzerine" başlığıyla yayımlandı. Başka bir tarihçi Matt Ridley, Crick hakkında

yazdığı kısa biyografisinde bunu “muhtemelen onun en kayda değer makalesi” olarak adlandırıyor,⁴⁴ Isaac Newton’un *Principia*’sı ve Ludwig Wittgenstein’in *Tractatus*’uyla kıyaslıyordu. DNA talimatlarıyla proteinlerin nasıl inşa edildiğini aktaran görüşleri ve spekülasyonlarıyla çok etkili bir sunumdu. Şu önemli ama hâlâ belirsiz hipotezi de öne çıkarmaktaydı: Görünüşte DNA’nın gölgesinde kalan *diğer* nükleik asit RNA’nın (ribonükleik asit) bir şekilde süreçle bağlantılı olduğu. RNA, belki aminoasitlerin birbiriyle bağlanma sırasının (DNA’yla kodlanmış sıranın) ifade edilmesine yardımcı olarak, proteinlerin üretilmesinde rol oynuyor olabilir miydi? Bu uzun düşüncelerin ortasında, Crick ortaya neredeyse bir parantez açıp başka bir fikir daha atmıştı: Bu arada bu uzun moleküller, evrimsel ağacı kanıtlayan bulguları da sunuyor olabilirdi.

Makalesinde yayımlandığı şekliyle sözleri şöyleydi: “Biyologlar çok geçmeden ‘protein taksonomisi’ olarak adlandırılması mümkün bir konuyla, organizmalardaki proteinlerin aminoasit dizilimlerini ele alıp türler arasında bunları karşılaştıran çalışmalarla karşı karşıya geleceğimizin farkına varmalıdırlar.”⁴⁵

“Moleküler filogenetik” terimini kullanmamıştı ve vardığı şey buydu: Uzun moleküller üzerinden evrim tarihi hakkında çıkarımlar yapmak. Şu veya öteki yaratıklarda bulundukları şekliyle özünde aynı proteinin (oksijeni omurgalıların kanında taşıyan hemoglobin gibi) ufak tefek farklılaşmış versiyonlarını karşılaştırmak aralarında ki ilişki derecesi hakkında çıkarımlar yapmaya imkân verebilirdi. Bu çıkarımların dayanacağı varsayım, farklı hemoglobinlerin ortak atadan gelen bir molekülden evrildiğı ve zamanla, farklı soylarda, amino dizilimlerindeki ufak farklılıkların selektif avantajla olmasa bile kazara devreye girdiğıydi. İki hemoglobin arasındaki farklılığın derecesi, bu soyluların farklılaştığı andan sonra geçen zaman aralığıyla ilişkili olmalıydı. Bu verilerden hareketle Crick filogenetik ağaçlar çizebileceğimizi öne attı. İnsanlar hemoglobinin bir türüne, atlarsa başka bir çeşidine sahipti. Peki, nasıl farklıydılar? Ne zamandan beri atlarla ortak bir atayı paylaştık? Crick’in eklediğı gibi şunu iddia etmek de mümkündü: Protein dizilimleri aynı zamanda bir organizmanın fiziksel kimliğinde saklı olan en kesin ve gözlemlenmesi müm-

kün kayıtları yansıtır. Dahası “içlerinde çok sayıda evrimsel bilgi saklı kalmış olabilir.”⁴⁶

Bu zengin ve verimli önermeyi ortaya attıktan sonra, Crick makalesinin geri kalanında gerçek konusuna dönüyordu: Proteinlerin hücrelerde nasıl oluşturulduklarına. Onun yöntemi böyleydi. Geçerken ortaya attığı, adeta kocaman bira kamyonlarını andıran bir düşüneydi. Aslında şunu söylüyordu: *Ben* bu protein taksonomisi meselesinin peşinden gitmiyorum ama *birileri* gitmeli.

Birileri peşinden gitti ama bu hemen olmadı. Üzerinden yedi yıl geçti ve bu süre zarfında bazı biliminsanları neticede kendilerini aynı fikre ulaştıracak farklı güzergâhlardan geçmeye başlamıştı. Bunlardan ikisi Linus Pauling ile Emile Zuckerkandl'dı. Bu girişime kendi süslü isimlerini vermişler (buna “kimyasal paleogenetik” demişlerdi)⁴⁷ ve çok farklı güzergâhlardan hareketle bunun üzerinde birleşmişlerdi.

Zuckerkandl ailesi Nazi Avrupası'ndan Paris ve Cezayir üzerinden kaçmış Viyanalı genç bir biyologdu. Amerika'ya gitti, Illinois Üniversitesi'nde yüksek lisansını tamamladı (Carl Woese oraya gelmeden çok önce) ve savaştan sonra doktora için Paris'e döndü. Fransa'nın batı sahilindeki deniz laboratuvarlarından birinde iş buldu ve içlerinde hemoglobine benzer moleküllerin olduğu yengeçlerin tüy dökme çevrimlerini inceledi. İlgisi kabukluların fizyolojisinden moleküler düzeydeki meselelere kaydı ve Amerika'ya dönmek istedi. 1957'de Zuckerkandl bin bir dolapla Pauling'le buluşma şansı yakaladı. Pauling o dönemde halihazırda kazandığı iki Nobel Ödülü'nden ilkiyle meşhur olmuş bir kimyacıydı. Ödül Pauling'e ilgi alanını Ca-

lifornia Teknoloji Enstitüsü'ndeki kimya laboratuvarından dünyaya yayacağı bir genişlik ve bu alanları takip edecek bir nüfus sunmuştu. Özel olarak iki ilgi alanı vardı: Orak hücre anemisi gibi genetik hastalıklar ve testlerden çıkan radyoaktif serpintiler de dahil olmak üzere termonükleer silahların yarattığı tehditler. 1950'lerin sonlarında Pauling sesini giderek yükseltiyordu. Atmosferde yapılan nükleer testlere karşı imza kampanyası başlatmış ve buna 11.000'den fazla biliminsanı imza atmıştı. Britanyalı provokatif filozof Bertrand Russell'la birlikte Nobel Ödülü kazanmış, dünyanın en sağlam barış yanlılarından biri olmuştu.

Pauling'in Zuckerkandl'la ilk karşılaşması, genetik, evrim ve mutasyona ilgisinin arttığı dönemle çakışmıştı. Bunların arasında en önemlisi silah testlerinde salınan radyasyonun yaratmış olabileceği mutasyonlardı. Hastalığa duyduğu ilgi onu aynı yöne sokmuştu çünkü orak hücre anemisi hemoglobine ait genlerden birinin mutasyona uğramasıyla oluşan bir sorundu. Pauling Zuckerkandl'dan yeterince etkilenmiş olacak ki bu genç adama Caltech kimya bölümünde post-doktora bursu önermişti. Sonrasında, Zuckerkandl yengeçlerdeki tüy değiştiren moleküller üzerinde çalışmaya devam etme niyetiyle Pasadena'ya varınca, Pauling onu projeden caydırmış ve şöyle demişti: "Neden hemoglobin üzerinde çalışmıyorsun?"⁷⁴⁸

Pauling ayriyeten (hâlâ ilkel ama umut vaat edici olan) yeni geliştirilmiş bir teknik kullanmasını önermişti. Bu proteinlerin "parmak izlerini çıkarıp" türlerini birbirinden ayırt etmede elektroforezden (elektrik yükü kullanarak molekülleri boyutlarına göre ayırma işlemi) ve diğer yöntemlerden yararlanan bir teknikti. Pauling protein moleküllerinin bu şekilde kıyaslanmasıyla, araştırmacıların bazı evrimsel sonuçlara ulaşabileceklerini düşünmüştü. Dolayısıyla Zuckerkandl çalışmaya girişmiş, tekniği öğrenip bunu çeşitli formlarıyla hemoglobin üzerinde uygulamıştı. Çok geçmeden insan hemoglobini ile şempanze hemoglobini arasında yakın benzerliklerin olduğunu ve insanlardaki hemoglobinin orangutanlardakilerle o kadar benzerliğini görmüştü. Ayrıca sırf moleküler parmak izlerine bakarak bir domuzu köpek balığından ayırt eder olmuştu. Elbette bir domuz-

la köpek balığını ayırt etmenin daha kolay yolları vardı fakat boş verin bunları. Belki dilediği kadar kesin bir metodoloji olmasa da bu tür moleküler kıyaslamalar bir başlangıçtı.

Sonraki altı yıl boyunca Zuckerkandl çalışmalarını geliştirdi ve Pauling’le bir dizi makale yayımladı. Bunlardan bazıları genelde emeklilik veya önemli, büyük yıl dönümleri gibi olaylarda saygın biliminsanlarının onuruna çıkarılan, özel ve kutlama temalı sayılara, *Festschriften*’e katkı yapmaları için gönderilmiş davetlerle yazılmıştı. Bu davetler çoğu kez Pauling’in itibarından ötürü gelmekteydi ve düşünceleriyle yazılarının çoğunda ortak yazar olarak Zuckerkandl’ı devreye sokmaktaydı. Bu sıralarda Pauling ikinci Nobel’ini kazandı. Bu sefer nükleer silahların yaygınlaşması ve test edilmesine karşı yürüttüğü çabalar nedeniyle Barış Ödülü almıştı. Bu bilimsel şöhretine yeni bir şey katmamıştı (doğrusu üniversite idarecileri ve mütevelli üyeleri barış aktivistliğini onaylamadıkları için Caltech’teki profesörlük görevinden istifa etmişti) fakat kamuoyunda sesini daha fazla duyurmasına kesinlikle yardımcı olmuştu. Çok rağbet gören meşgul bir adamdı. Davetler (yani özel ciltler için bilimsel makaleleriyle katkıda bulunduğu ziyaretler) devam etti. Bu tür makaleler normalde meslekten kişilerin denetiminden geçmediği için, alışıldık dergi makalelerinden biraz daha cesur ve spekülatif olabiliyordu. Bunlardan birinin, 1963’te Rus bir biliminsanının 70. doğum günü için yazılmış makalenin başlığı “Molecules as Documents of Evolutionary History” [Evrimsel Tarihin Belgeleri Olarak Moleküller] şeklindediydi. İki yıl sonra *Journal of Theoretical Biology*’de (*JTB*) İngilizce olarak yeniden basıldı. Bu makaleye daha geniş bir etki ve erişim alanı sundu. Pauling ve Zuckerkandl, Francis Crick’in parmağını değdirdiği havuza dalıyorlardı.

1963’te yazdıkları makale, genetik bilgiler taşıyan moleküllerle (DNA veya kodladığı proteinler) canlı bir yaratıkla çevrimden geçen ve öteki uçla dışarıya atılan vitamin gibi başka moleküller arasında önemli bir ayırım yapmaktaydı. Bilgi molekülleri içinden çıkarım yapılması mümkün tarihî kayıtlara sahipti. İçinden farklı formların, şu veya öteki yaratıkların türediği ataları içinde taşıyor-

du. Zuckerkandl ile Pauling'in kalemiyle bu moleküller üzerine yapılacak dikkatli incelemeler bize üç şeyi anlatabilirdi: Soy lar ayrıldığından bu yana ne kadar sürenin geçtiği, atalara ait moleküllerin büyük olasılıkla neye benzediği ve soy çizgisinin ne olduğu. Bu üç bilgiden ilki, Zuckerkandl ve Pauling henüz isim vermemiş olsa da moleküler saat olarak bilinecekti. Üçüncü türse ağaçlara işaret etmekteydi.

Zuckerkandl, Pauling'in ortak yazarlığı ve sponsorluğuyla bu düşünceler üzerinde çalışmaya ve onları geliştirmeye devam etti. Eylül 1964'te Rutgers Üniversitesi'nde seçkin ve tartışmayı seven bir sempozyum kitesinin önünde, ortak fikirlerini en net haliyle aktaran ve çoğunu Zuckerkandl kaleme almış olmasına rağmen "Pauling'in ileri döneminde kariyerine en çok etki etmiş" şey olarak adlandırılan uzun bir makalenin sunumunu yaptı.⁴⁹ Bu makalede iki yazar hafızalara kazınmış metaforlarını sunmuşlardı: Moleküler farklılaşmalardaki ufak değişiklikler çağlar içinde geçen zamanla orantılıysa, elinizdeki şeyin "moleküler evrimsel bir saat" olduğunu söylüyorlardı.⁵⁰

İkircikli bir hipotezdi. Hipotez Rutgers'taki sempozyumda tartışma yaratmış ve ileriki yıllarda ihtilaflı yapısını korumuştur. Fakat ilgi çekmiş, düşünceleri belli bir yere odaklamış ve doğruysa yaşamın tarihini ölçmenin tamamen yeni bir yolunu vaat etmişti. Moleküler saat o günden beri "evrim alanındaki en basit ve güçlü kavramlardan" ve "en tartışmalılardan" biri olarak anılır oldu.⁵¹ Bizzat Crick daha sonra bunun "o dönemde insanların düşündüğünden daha doğru" olduğu görülecek "çok önemli bir fikir" olduğuna kanaat getirmişti.⁵²

Bu sırada Emile Zuckerkandl Fransa'ya geri döndü. Pauling ve sayıları birkaçı geçmeyen başka kişilerle yeni bir bilimsel girişimin atılmasına yardımcı olmuştu ve 1971 yılında *Journal of Molecular Evolution* ortaya çıktığında onun ilk başeditörlüğüne gelmişti. Pauling'in aksine dünyaca tanınır bir ismi yoktu fakat bugün bir moleküler biyoloğa "Zuckerkandl ve Pauling" dersiniz aklına "moleküler saat" gelir. Ne kadar yerinde bir ifade olsa da diğer önemli noktayı ıskalamaktadır: Rutgers'ta sunduğu uzun makalede saklan-

mış diğer metaforunda Zuckerkandl şunları yazmıştı: “Moleküler filogenetik ağaçların ayrıldığı dallar ilkesel açıdan, tek başına moleküler bilgiler üzerinden tanımlanabilir olmalıdır.”⁵³ Saat işledikçe dallarını uzatan ve yanlara açan o ağaçları çizmenin tümüyle bambaşka bir yoluydu bu.

Carl Woese 1964'te yani Zuckerkandl'ın Rutgers'ta makalesini sunduğu yıl Urbana'daki Illinois Üniversitesi'ne geldi. Moleküler filogenetik olarak tanınacak atılım –o dönemde dedikodusu Crick'in protein taksonomisi ve Pauling'le Zuckerkandl'ın kimyasal paleogenetiği olarak dönmekteydi– ilgi çekmeye başlamıştı. Woese içindeki en derin olasılıkları herkesten daha net görüyordu. Moleküler dizilimlerdeki bilginin, geçmişin biçimini okumakta kullanılabileceğini fark etmişti.

Woese 36 yaşındaydı ve acil bir kadro açığıyla işe alınmıştı. Bu ona hemen yayın yapma endişesi olmadan riskli ve zahmetli araştırma projelerine girme genişliği vermişti. Mikrobiyoloji değil de biyofizik eğitimi almış olmasına rağmen Mikrobiyoloji Bölümü'nde öğretim görevlisi olmuştu ve mikroskoplarla bakterilerle diğer ufak böceklerle bakmak için varsa bile çok az zamanı olmuştu. O dönemde hâlâ ilk aşamalarında olan moleküler biyolojiyle daha çok ilgileniyordu. Bilimin nefes kesici yeni dallarından biriydi, yöntemleri yeni keşfediliyordu, temel ilkeleri yeni yeni şekilleniyordu ve bunun parçası olmak istiyordu. Fakat moleküler saat Woese'ın konusu değildi ve

moleküler yaşam ağacı henüz bir kavram olarak hayal gücünü ele geçirmemişti. Bunun yerine genetik kodlara odaklanmıştı. Ve sadece “kriptografik unsuru” dediği⁵⁴ şeyle sınırlı bir ilgi değildi bu: Yani proteinlerin inşasında aminoasitleri belirleyen kombinasyonların hangi bazlarla oluştuğuna bakmıyordu sadece. Zaman ve anlam açısından daha derinlere ulaşmak istiyordu: Kodun nasıl evrildiğini anlamak istiyordu.

Francis Crick ve içlerinde eklektik Rus fizikçi George Gamow’un da olduğu diğer kişilerin, kriptografik unsur üzerinde teorik bir sorunmuş gibi durduklarının, onu soyut bir akıl oyunu olarak ele aldıklarının farkındaydı. Crick’in 1958’de yazdığı makaleyle, RNA’nın bir şekilde DNA’nın talimatlarını proteinlerin üretildiği hücrelere taşıyan, mesaj iletilen bir molekül olarak oynadığı rolün kabulünden bu yana sorun aydınlatılmış ama çözülememişti. Peki, RNA’nın yapısı nasıldı ve bu rolü nasıl oynuyordu? Gamow ve diğerlerinin kafaları karışmıştı ve onlar için bu bulmaca heyecanlı bir oyundu. Hatta kodlamanın ve protein sentezinin nasıl gerçekleştiğiyle ilgili görüşlerini özel bir şekilde paylaşmak için (yaşamın 20 aminoasidini temsilen 20 kişiyle sınırlı) seçkin, yarı alaycı, küçük bir kulüp kurmuşlardı. Adına RNA Kravat Kulübü demişlerdi. *RNA* vardı çünkü bu molekül hâlâ gizemli bir aracıydı. *Kravatın* olma sebebiyse, bu boyun bağının akla eski okul günlerindeki kulüplerini getirip bunu tiye almasıydı. Kulüp üyeliklerini temsilen, bu biliminsanları birbirinin tıpatıp aynısı kravatlarla süsleniyorlardı. Hepsinin ayrı bir kravat iğnesi vardı ve bunlar tek tek aminoasitleri temsil etmekteydi. En azından şaka yoluyla kendi amino kimliklerini benimsemiş haldeydiler: Serin, Lisin ve Arginin, vd. Hoştu. Woese ise üye değildi.

Gamow, Crick ve diğerlerine bu denli ilginç gelen kriptografik bilmece şuydu: DNA’nın dört bazı (dört büyük harfle, A, S, G ve T’yle gösterilen bazlar) virgüllü veya virgülsüz, 20 farklı aminoasit yaratacak şekilde nasıl en az üçlü gruplar halinde toplanabiliyordu? Woese soruna yalnız eğiliyordu. ABD National Institutes of Health’ten* genç biyokimyacı Marshall Nirenberg’in yönettiği bir ekibin deney-

sel yaklaşımlarıyla, RNA Kravat Kulübü'nün kolejlerinde yürüttükleri teorilere kıyasla daha fazla mesafe kat ettiklerini biliyordu. Ama kendisi daha derine ulaşmak istiyordu.

Woese yıllar sonra şöyle yazacaktı: “Kodun doğasını, çözümleme mekanizmasının doğası ve kökeniyle ilgili sorundan ayırmayarak hepsinden farklılaşmıştım.”⁵⁵ Çözümleme mekanizması mı? Bununla DNA'daki bilgileri gerçek, fiziksel proteinlere dönüştüren organları veya molekülleri kastetmekteydi. Peki, kökeni? Ona göre bu o dönemde biyolojik kaygıların *en* temel noktasıydı. Sadece çözümleme mekanizmasının nasıl çalıştığını değil yaklaşık dört milyar yıl önce bunun nasıl ortaya çıktığını da anlamak istiyordu. Herkesten çok daha net bir şekilde şunun farkındaydı: DNA'daki bilgileri hayata geçirecek bir tercüme sistemi olmasaydı yaşam en basit ve ilkel formlarının ötesine geçemezdi.

Woese'in karakterini, onun bilim dünyasının aykırı bir tipi olarak inatçı benliğini, yukarıda alıntılanan cümleyi tamamlama biçiminden daha iyi niteleyen ifade yoktu: “Hepsinden farklılaşmıştım.” Yaradılışı gereği yalnız bir tipti. Farklı bir patika seçmişti. Kulüpte değildi. RNA kravatı yoktu. *Nature* dergisinde kodlama meselesi hakkında birkaç makale yayımladı ve *Science*'a bir yorum yazısı yolladı. Hepsinde fikirler sunan, diğerlerinin yaptıklarını eleştiren tek yazar kendisiydi. Görüşlerini, evrimsel bakış açısını eksiksiz bir biçimde 1967'de çıkardığı *The Genetic Code* [Genetik Kod] kitabında insanlara sundu. Kitap vizyoner, hırslı, üzerine iyi akıl yürütülmüş ama çoğunlukla hatalı bir eserdi. Fakat bilim dünyasında hatalı işe yaramaz anlamına gelmiyordu. Genetik kodların kökenlerini tahayyül etme çabası, Woese'ı neredeyse istemeden yaşam ağacının etrafında dolaştırmıştı.

Woese yaşamın çekirdeğinde yatan bu hayati sistemin yani DNA kodlu bilgileri proteinlere dönüştüren çeviri sisteminin evrimini anlamlandıracak bir çerçeve olarak, bu tarz evrensel bir şemaya ihtiyacı olduğunu fark etti. Derin biyoloji derin bir tarihi gerektiriyordu. Bu muamma, biyoloji tarihçisi olacak ve Woese'ı yakından tanıyacak bitki genetikçisi Jan Sapp tarafından çok güzel bir şekilde ifade edilmişti: “Evrensel bir ağaç bundan dolayı kendi varoluşunun

sırrını taşır.”⁵⁶ Tarih biyolojiye, biyoloji tarihe ışık tutuyordu. Neticede evrimsel biyoloji tarihin *ta kendisiydi*. Fakat ortada bir problem vardı. Mikrobiyoloji için (bakteriler ve diğer tekhücreli yaratıklar açısından) böyle bir ağaç yoktu. Bilinen ağaçlar bu organizmaları kapsamıyor veya tatmin edici bir şekilde çeşitliliklerini resmetmiyordu. Hayvanları, Linnaeus ve Darwin’in yaptığı gibi fiziksel görünüşleri ve davranışları üzerinden kıyaslamak mümkündü. Bu tarz dışsal, görünür bulgulardan hareketle ilişkilerini yansıtan, ağaca benzeyen örüntülerle düzenlenebilirlerdi. Oysa aynısı mikroplar için imkânsızdı çünkü çok güçlü mikroskoplarla bakılsalar bile büyük çoğunluğu birbirine benziyordu.

Birkaç basit biçim vardı (çubuklar, küreler, iplikler, spiraller) ve bunlar (güvenilir olsa da olmasa da) önemli bakteri gruplarını tanımlamaya hizmet etmişlerdi. Fakat ince bir düzlemden bakıldığında, evrimsel ilişkileri göstererek onları birer tür olarak hangi düzeyde düşüneceğimiz, bakterilerin doğal sistemde sınıflandırılması zordu. Muhtemelen imkânsızdı da. Bazı uzman isimler bile pes etmişti. Görünüm ve davranış üzerinden yapılamazdı. Fizyolojik özellikler (nitekim mikroplarda bunlar davranışların yerini alır) üzerinden de halledilemezdi. Birileri çıkıp yeni bir yöntem icat etmediği sürece kesinlikle yapılması imkânsızdı.

Sonraları Woese o günleri şöyle anımsayacaktı: “Araştırma programımda ufak bir sapma zorunluluk haline gelmişti.”⁵⁷ Buruk bir yorumdu çünkü bu sapma 20 yıl sürecekti.

24 Haziran 1969'da Woese, Urbana'dan Cambridge'teki Francis Crick'e açıklayıcı bir mektup yolladı. Woese Crick'le sekiz yıl önce, New York, Schenectady'deki General Electric Research Laboratory'de* kimsenin bilmediği genç bir biyologken tanışmıştı ve Crick o dönemde DNA yapısının keşfiyle zaten dünyanın tanıdığı meşhur biriydi. Sohbetleri posta yoluyla ve karşılıklı hafif teveccühlerle başladı –Woese Crick'in kodlama üzerine yazdığı makalelerden birinin yeniden baskısını rica ediyor ve alıyordu– ama 1969'da daha kişisel bir dil kullanıp daha büyük bir iyilik isteyecek kadar yakın ahbap olmuşlardı. “Sevgili Francis,” diye söze başlıyordu. “Benim için önemli ve adeta geri dönülmez bir karar almak üzereyim,” diyor ve Crick'e düşünceleri ve moral desteği için şükranlarını iletliyordu.⁵⁸

Yapmayı umduğu şey Woese'in itirafıyla, en basit hücrelerin kökenini gösteren “olayların rotasını açığa sermek”ti.⁵⁹ Bunlar mikrobiyologların prokaryot dediği hücrelerdi ve bunlarla bakterileri kast-

ediyorlardı. Ökaryotlar bir başka büyük kategoriyi, başka bir alanı meydana getiriyorlardı ve hücresel yaşamın tüm formları (yani virüslerin dışındakiler) şu veya bu alanla sınıflandırılmaktaydılar. Prokaryotlar (*pro* Yunanca “önce”, *karyon* ise “fındık” veya “çekirdek” anlamına gelir) çekirdeği olmayan hücrelerdir. Ökaryotlar ([*Eukaryote*] *eu*-ö “gerçek” anlamına gelir) daha karmaşık yaratıklardır. İşleminde çokhücreli hayvanlar, bitkiler ve mantarlar, ayrıyeten hücrelerinde çekirdek olan amip gibi tekhücreli ama karmaşık organizmalar vardır (dolayısıyla ökaryot “gerçek çekirdek” anlamına gelir). Prokaryotlar (“çekirdek öncesi”) görünüşe göre yeryüzüne ökaryotlardan önce gelmişlerdi. Bakteriler hâlâ etrafta dolanmalarına ve gezenin birçok kısmına hâkim olup epeyce başarılı olmalarına rağmen, 1969’da ilk yaşam formlarına en çok benzeyen canlılar olarak görülmekteydiler. Woese’in Crick’e söylediği gibi, bunların kökenlerini araştırmak mevcut evrim anlayışını “zamanda belki bir milyar yıl geri götürmeyi”,⁶⁰ hücresel yaşamın yeni yeni şekillendiği ... başka şeylerin, bilinmeyen ve hücre öncesi şeylerin olduğu bir noktaya varmayı zorunlu kılıyordu.

Bir milyar yıl geri götürmek mi? Woese her zaman hırslı bir düşünür olmuştı. Woese Crick’e, “Hücrelerdeki ‘içsel fosil kayıtlar’ı kullanarak bunu yapmak kesin olmasa da olası,” diyordu.⁶¹ Bu terimle kastettiği şey uzun moleküllerden yani DNA, RNA ve proteinlerdeki birimlerin çizgisel dizilimlerinden elde edilen bulguları. Bu dizilimleri kıyaslamak –aynı molekülün farklı yaratıklarda tespit edilmiş varyasyonları–, söz konusu moleküllerin farklı soylar içinde farklılaşmasını sağlamış “kadim atalardan kalma dizilimleri” tahmin etme imkânı verecekti.⁶² Ve Woese bu tahminlerle, bu atadan kalma formlarla çok derin bir geçmişte canlıların nasıl evrim geçirdikleriyle ilgili belli bir fikir elde etmeyi umuyordu. Hâlâ terimin kendisini kullanmasa da moleküler filogenetikten bahsediyordu ve bu teknikle en az üç milyar yıl öncesine bakacağını ümit ediyordu.

Peki, hangi moleküller en açıklayıcı moleküller olacaktı? Hangileri en iyi içsel fosil kayıtları temsil ediyordu? İngiltere’de çalışan mütevazı ama vizyoner biyokimyager Frederick Sanger, sığır insülinindeki aminoasitlerin dizilimini çıkarmıştı. İnsülinler hayvanlarda

ve diğer ökaryotlarda oldukça eski bir molekül ailesidir ama Woese'ın istediği kadar geçmişe uzanmıyorlardı. Başka biliminsanları, birçok yaratığın hücre biyokimyasında önemli yeri olan sitokrom c isimli proteinin dizilimini de çıkarmışlardı. Fakat bu da Woese'ı tatmin etmiyordu. Çok daha basit, çok daha evrensel bir şey arıyordu. *Tümüyle* yaşamın başlangıcına kadar gidecek veya neredeyse bu noktaya götürecek bir şeyler.

“Bu noktada en bariz molekül tercihi çeviri aygıtının bileşenlerinde yatmaktadır,” diyordu Crick’e. “Bundan daha kadim soylar var mı?” “Çeviri aygıtıyla.”⁶³ Woese'ın kastettiği şey çözümleme mekanizması yani DNA'daki bilgileri proteinlere dönüştüren sistemdi. Crick'in 1958'de yazdığı “On Protein Synthesis” [Protein Sentezi Üzerine] adlı makalede el yordamıyla kavramaya çalıştığı sistem. Çeviri aygıtını araştırmak, Woese'ı başlangıç noktasına geri götürecekti: Genetik kodların başlı başına nasıl evrilmiş olabileceğini öğrenme arzusu. Crick'in protein makalesini yazdığı günden 11 yıl sonra, sistem artık daha iyi anlaşılır hale gelmişti.

Woese'ın aklındaki bileşenler, hücreli yaşamın tüm formlarında ortak olan ufak bir moleküler mekanizmanın parçalarıydı. Adına ribozom deniyordu. Hücrelerin hemen hemen hepsinde aynı yahniye atılmış pul biberler gibi bol miktarda ribozom vardır. Dahası genetik bilgilerin proteinlere aktarılma işiyle meşguldürler. Oksijen taşıyan protein hemoglobin buna örnektir. Hemoglobin moleküllerini inşa etmeye yarayan mimari talimatlar DNA'nın kodlarında saklıdır fakat hemoglobin tam olarak nerede üretilmektedir? Ribozomlarda. Woese'ın tercüme aygıtı dediği şeyin temel unsurlarıdır.

Crick makalesinde “tercüme aygıtı” ifadesini kullanmamıştı. Hatta *ribozom* sözcüğünü bile kullanmamış, aksine onlara eski isimleri *mikrozomal tanecikler* diye hitap ederek muğlak bir şekilde değinmişti.⁶⁴ Bu tanecikler daha yakın zamanda keşfedilmişti (1956'da Romanyalı bir hücre biyoloğunun elektron mikroskobu kullanmasıyla keşfedildiler) ve başlarda kimse ne yaptıklarını bilmiyordu. Daha sonra proteinlerin inşa edildiği yerler olarak tanınır oldular fakat büyük soru hâlâ yanıtsızdı: Nasıl? Bazı araştırmacılar, ribozomların aslında proteinlerin reçetelerini *taşıma*, bunları adeta özerk bir süreç olarak

ortaya çıkarma ihtimallerinden şüphelenmekteydiler. Bu düşünce 1960'ta neredeyse tek bir aydınlanma ânının sonucunda, Crick'in parlak meslektaş Sydney Brenner'ın Cambridge Üniversitesi'nde düzenlenen canlı bir toplantı sırasında daha iyi bir fikir bulmasıyla çöktü. Matt Ridley, Crick'in biyografisinde bu ânı şöyle tanımlamıştı:

Birden Brenner'ın ağzından bir "ciyaklama" çıktı. Hızlı konuşmaya başladı. Crick aynı hızla cevap vermeye başladı. Odadaki herkes hayretle onları izliyordu. Brenner yanıtı görmüştü ve Crick onu görmesini sağlamıştı. Ribozom proteinin reçetesini taşımıyordu. O bir şerit okuyucuydu. "Haberci" RNA'nın doğru şeridiyle beslendiği sürece her tür proteini üretebilirdi.

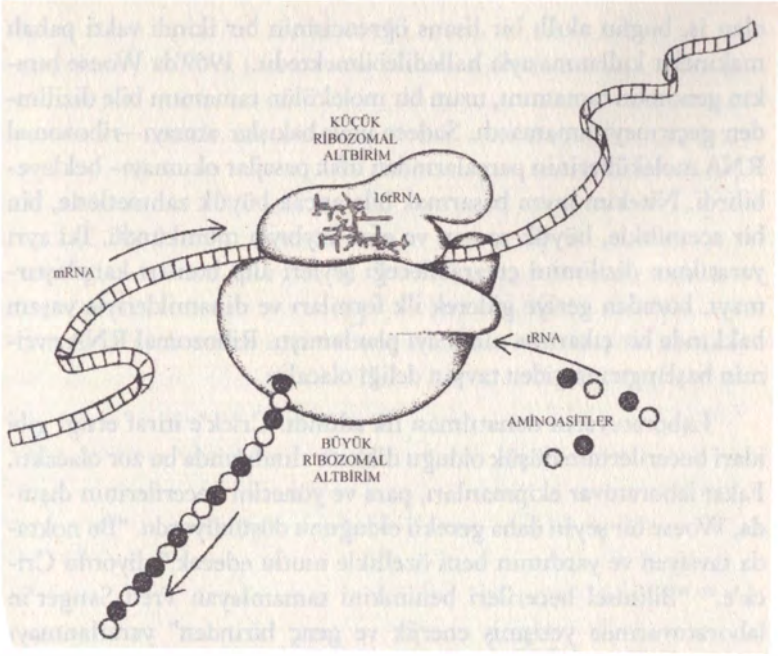
Bu muhabbetin dijital kayıt çıkmadan önceki günlerde, sesin manyetik şeritlere kaydedildiği zamanlarda yapıldığını belirtmek gerek. Brenner'ın metaforunda "şerit" RNA ipliğiydi. Bu özel tipine haberci RNA deniyordu (bu çeşitli işlevler gerçekleştiren RNA formlarından biriydi) çünkü hücrenin DNA genomundan ribozoma mesajlar taşıyordu. Bir ribozom, biri büyük biri küçük iki alt birimden oluşmaktadır. Bunlar birbiriyle iç içe geçmiştir ve birbirini tamamlayan işlevler yerine getirirler. Küçük alt birim RNA'daki mesajı okur. Büyük alt birim ise bu bilgiyi uygun aminoasitlerin zincire katılıp proteini meydana getirmesi için kullanır. Ribozomlara ve haberci RNA'ya ek olarak birkaç başka parça, Woese'in tercüme aygıtı dediği şeyi meydana getirirler. 1969'da Woese Crick'e yazdığında, oynadıkları hayati roller kabul edilmekteydi.

Yaşayan her hücre, bakteriler, kendi bedenlerimizdeki hücreler, bitkilerin, mantarların ve diğer tüm hücreli organizmaların hücreleri içinde sayısız ribozom taşır. Montaj mekanizmaları olarak işlev yürütürler. Genetik bilgileri içlerine alırlar. Ek olarak aminoasit formu içinde hammaddeleri de alırlar ve o daha büyük fiziksel ürünleri yaratırlar: Proteinleri. Daha sade bir ifadeyle ribozomlar genleri canlı bedenlere dönüştürürler. Ürettikleri proteinler üçboyutlu moleküllere dönüştüğünden, Brenner'ın şerit okuyucusuna bugün daha iyi metafor ararsak şunu önerebiliriz: Ribozom bir üçboyutlu yazıcıdır.

Ribozomlar hücre içindeki tanımlanabilir yapıların en küçüklerinden biridir ama boyutlarının küçüklüğünü bol miktarda olmaları ve önemleriyle telafi ederler. Tek bir memelinin hücresinde on milyona yakın ribozom bulunabilir. *Escherichia coli* isimli tekhücreli bakteri, daha meşhur ismiyle *koli basili* ise muhtemelen on bin ribozomla idare etmektedir. Ribozomların her biri dakika başına 200 aminoasitlik bir oranla protein üretebilirler. Hepsi bir araya geldiğinde hücre içinde hararetli bir inşa faaliyeti yürütürler. Nitekim bu faaliyet, tüm yaşam formlarında hayatın kendisi için çok basit bir şey olduğundan muhtemelen dört milyara yakın yıldır süregelmektedir. 1969'da çok az insan ribozomların oynadığı bu kadim ve evrensel rolün içerimlerini Carl Woese kadar net bir şekilde görmüştü. Gördüğü şey bu küçük taneciklerin (veya içlerindeki bazı moleküllerin) yaşamın en başta nasıl işlediği ve farklılaştığını gösteren bulguları taşıyabilecek olmalarıydı.

Böyle erken bir dönemde, Woese'in vardığı keskin görüşlerinden bir diğeri, ribozomların belli bir bölümüne odaklanmasıydı: *Yapısal* RNA'larına. Genelde RNA'yı yukarıda bahsettiğim rolü üzerinden düşünürüz. Yani DNA gibi çift sarmallı bir yapı yerine tek iplikli olan, uygulaması için ribozomlara kodlanmış genetik talimatlar taşıyan, bilgi taşıyıcı bir molekül olarak görürüz. Mekânsal açıdan da geçicidir (hücreler yoluyla); zamansal açıdan da (kullanılıp atılırlar). Fakat bu RNA'nın sadece tek bir türüdür, tek bir işlevi yerine getiren haberci RNA'lardır. Başka türleri de vardır. RNA mesaj iletmesinin dışında bir yapıtaşısı olarak da hizmet verebilir. Örneğin ribozomlar yapısal RNA molekülleri ve proteinlerinden oluşur. Aynı espresso makinelerinin hem çelikten hem de plastikten meydana gelmesi gibidir. Woese Crick'e yazdığı mektupta "makinedeki RNA bileşenlerinin protein bileşenlerinden (çoğundan) daha fazla şey vaat ettiğini" itiraf etmişti.⁶ Bu RNA bileşenleri onun açısından tarihin derinlerine ulaşma konusunda daha ümit vaat ediciydi çünkü çok eski ve muhtemelen zaman içinde çok az değişime uğramışlardı.

Woese şu gizli sırrı görmüştü: RNA –sadece bir molekül olarak değil çok yönlü, karmaşık, yeterince takdir görmemiş bir molekül ailesi olarak– aslında meşhur akranı DNA'dan çok daha ilginç ve di-



Ribozomun yapısı ve işlevi: Haberci RNA'yı proteine dönüştürme.

namikti. Dahası bu ailenin öyküye dahil olduğu ve merkezin yakınında konum almaya başladığı yerd. Woese nihai moleküler fosil kayıt olarak ribozomal RNA'yı kullanmaya karar verecekti.

“Önerdiğim şey yaptığım tanım itibarıyla zarif bir bilim faaliyeti değil,” diye itiraf ediyordu Crick’e.“ Bilimsel zarafet, bir soruya yanıt vermek için gerekli asgari veri setinin üretilmesinde yatar. Onun yaklaşımı daha çok sert bir yumruğu andırıyordu.

En azından ribozomal RNA'nın belli bölümlerini okumak için büyük bir laboratuvarın kurulmasına ihtiyacı vardı. Bu o dönemde tek başına süreci uzatan bir şeydi. (Çok uzun moleküllerin –DNA, RNA veya proteinler– dizilimini çıkarmak bugün öyle kolay bir şekilde yapılmakta ve öyle incelikle otomatik hale getirilmektedir ki, Woese'in karşılaştığı güçlüğü anlamamız çok güçtür. 1970'lerin başlarında o ve laboratuvar çalışanlarının bin bir zahmetle aylarına mal

olan iş, bugün akıllı bir lisans öğrencisinin bir ikindi vakti pahalı makineler kullanmasıyla halledilebilmektedir.) 1969'da Woese bira-kın genomun tamamını, uzun bir molekülün tamamını bile dizilim-den geçirmeyi umamazdı. Sadece ufak bakışlar atmayı –ribozomal RNA moleküllerinin parçalarından ufak pasajlar okumayı– bekleyebilirdi. Nitekim bunu başarmak bile ancak büyük zahmetlerle, bin bir acemilikle, büyük zaman ve efor kaybıyla mümkündü. İki ayrı yaratıktan dizilimini çıkarabileceği şeyleri alıp bunları karşılaştırmayı, buradan geriye giderek ilk formları ve dinamikleriyle yaşam hakkında bir çıkarıma ulaşmayı planlamıştı. Ribozomal RNA evrimin başlangıcına giden tavşan deliği olacaktı.

Laboratuvarın donatılması ilk adımdı. Crick'e itiraf ettiği gibi idari becerilerinin düşük olduğu dikkate alındığında bu zor olacaktı. Fakat laboratuvar ekipmanları, para ve yönetim becerilerinin dışında, Woese bir şeyin daha gerekli olduğunu düşünüyordu. "Bu noktada tavsiyen ve yardımın beni özellikle mutlu edecek," diyordu Crick'e.⁶⁷ "Bilimsel becerileri benimkini tamamlayan Fred Sanger'ın laboratuvarında yetişmiş enerjik ve genç birinden" yararlanmayı umuyordu. Bununla kastettiği şey şuydu: Bu büyük dizilim çabası için Woese'ın dizilim yapmayı bilen bir yardımcıya ihtiyacı vardı.

Fred Sanger'in öncü çalışmaları o dönemde RNA'nın dizilimini çıkarma çalışmalarında standart haline gelmişti. Önceki çalışmalardan çıkardığı fikirlerden hareketle Sanger, uzun bir molekülü küçük parçalara bölmek, ardından bu parçaları elektroforezle ayırmak ve jel sütunu içinde parçalara ayırmak için teknikler geliştirmişti. Jel sütunu farklı boyutlardan parçalar için bir yarış pisti işlevi görmekteydi. Elektriksel kuvvetin uygulanmasıyla her parça bir uca çekiliyor ve jel içinde moleküler boyutları ve elektrik yüküne göre kendi hızlarıyla hareket ediyorlardı. Farklılaşan hızları onları ayırdıkça, parçalar iki boyutlu bir örüntü içinde filme alınmışçasına karakteristik bir oval spot oluştuyorlardı. Her oval nokta, başka kesme ve ayırma yöntemlerinin yardımıyla kısa bir kod fitili gibi okunabiliyordu. Bu Pauling'in farklı molekül formlarını "parmak izleri çıkararak" ayırması için Zuckerkandl'a önerdiği aynı genel yöntem geliştirilerek ortaya çıkarılmıştı.⁶⁸

Fred Sanger'in Linus Pauling'le iki ortak özelliği vardı ve belki bunlardan başka bir ortaklığı da yoktu: kimya ve bir çift Nobel Ödü-

lû. Pauling'in aksine sessiz, gösterişsiz bir adamdı. İngiltere'nin iç bölgelerinde Quaker mezhebi içinde yetişmişti. İki Nobel'ini de Pauling'le aynı bilim dalından almıştı. Kimya alanında iki kez ödül almış tek kişiydi. İlk ödülünü 1958 yılında 40 yaşındayken, bir proteinin –özellikle sığır insülininin– moleküler yapısı üzerine yaptığı çalışmayla almıştı. Bu yapıyı çözmek için Sanger, çok ustalıklı bir şekilde başka araştırmacıların görece basit yöntemlerini alıp kendisine uyarlamıştı. Yaptığı şey, insülin molekülündeki iki uzun dalı hangi aminoasit dizilimlerinin oluşturduğunu tespit etmesini sağladı. Bu sadece ineklerde kan şekerinin düzenlenmesini anlatmasının dışında, genel olarak proteinler hakkında söylediği şu gerçek nedeniyle Nobel'e değer bir başarıydı: Proteinler özelliksiz şeyler değildi, aksine her protein belirli bir kimyasal bileşene sahipti. Sanger proteinlerden RNA'nın, ardından da DNA'nın dizilimine geçti ve 1980'de DNA üzerine yaptığı çalışmaların doruk noktasına ulaşmasıyla ikinci Nobel'ini aldı. Kısa süre sonra 65 yaşında, bilim dünyasından emekli oldu ve enerjisini bahçıvanlığa verdi. Cambridge yakınlarındaki köylerden birinde küçük ve şirin bir evi vardı.

Daha sonrasında, “Çalışmam bir bakıma doruk noktasına ulaşmıştı,” demiş ve bir idareciye dönüşmeyi umursamamıştı.⁶⁹ Şövalyelik unvanını reddetmişti. Arkadaşları ve yabancılar tarafından “Sir Fred” olarak hitap edilme arzusu hiç yoktu. “Şövalyelik sizi farklı kılıyor, değil mi,” demişti. “Ben farklı olmak istemiyorum.”⁷⁰ Fakat Carl Woese 1969'da Crick'e yazdığı mektupta Sanger'in çıraklarından birinin yardımını almayı düşlerken, Cincinnatus'taki bu emeklilik günlerine daha çok vardı.

Sanger'in mezun öğrencilerinden biri, aslında Woese'in bölümündeki biliminsanlarından birinin laboratuvarına post-doktora adayı olarak çalışmak üzere çoktan Urbana'ya gelmiş durumdaydı. Bu post-doktora öğrencisi, viral RNA'nın dizilimini yapmada Sol Spiegelman'a yardımcı olmak için getirilmiş David Bishop'tu. Spiegelman 1964'te Woese'ı General Electric'in kuytu karanlığından kurtarıp Illinois Üniversitesi'ne getirmişti. Bishop vardikten bir hafta sonra Spiegelman Illinois'yi terk edip New York'ta bulunan ve kariyerine başladığı Columbia Üniversitesi'ne döndü. Neticede ya-

nına Bishop'u da aldı. Bu durum muhtemelen Sanger'in tekniklerini Woese'in elinden koparmıştı. Fakat aradaki aylarda Woese, Mitchell Sogin isimli gelecek vaat eden bir doktora öğrencisi buldu ve ona Bishop gitmeden önce ondan öğrenebileceği her şeyi alma görevi verdi. Moleküler biyoloji gelişme aşamasındaydı ve sonuçlar gazete makalelerinde duyurulabilir olsa da, laboratuvar metodolojisinin pütürlü ayrıntıları genelde taştan aletler veya ateş gibi kişiden kişiye geçirilen şeylerdi.

Mitch Sogin, Illinois Üniversitesi'ne lisans öğrencisiyken yüzücülük bursuyla ve tıbbı hazırlık yapma planıyla gelmiş Chicago'lu parlak bir çocuktur. Yüzücülük bitmiş, tıbbın cazibesi sönmüştü fakat Sogin Tarım Koleji'nin bünyesinde yer alan Gıda Bilimi Bölümü'nde endüstriyel mikrobiyoloji alanında yüksek lisans almaya uğraşıyordu. Bakteriler üzerine çalışıyordu. Özel olarak bakteriyel sporların çimlenmesini inceliyordu. İnsan sağlığı için yarattığı sonuçlar düşünüldüğünde, gıda endüstrisinde pratik önemi olan bir konuydu. Farklı bir bölümde çalışan ve adeta farklı bir evrenin parçası olan Carl Woese, şansa bakın ki kariyerinin başlarındaki çalışmalardan ötürü hâlâ spor çimlenmesiyle ilgilenen biriydi. Bu ince sebepten dolayı birileri genç Sogin'i onunla tanışmaya yollamıştı. Hemen uyuyuverdiler.

Yaklaşık 50 yıl sonra Mitch Sogin bana şöyle diyecekti: "Ve bunun üstüne oraya gittim ve onunla konuştum. Çok hoşuma gitti."

Sogin sohbeti yaptığımız dönemde 70 yaşındaydı. Hâlâ genç görünen ama artık kalın, beyaz saçlarla çevrelenmiş bir yüzü vardı. Gözlüklerinin arkasındaki mahcup gülümsemeyle, Profesör Paul Simon'u andırmaktaydı. Massachusetts Woods Hole'da Water Street'te bulunan, saygın araştırma kuruluşlarından Marine Biological Laboratory'e* ev sahipliği yapan eski, kırmızı tuğlalı bir binanın üçüncü katındaki ofisinde oturmuştuk. Sogin burada kıdemli bir bilim insanı olmuş ve karşılaştırmalı biyoloji ile evrim merkezinin yöneticisi olmuştu. Ona 1968'de Carl Woese'la ilk karşılaştığı anı ha-

tırlatmaya çalıştığımda, neticede yaşamının onu Woods Hole'a getirmiş olması, zamanını okyanuslardaki mikrobik toplulukları, insan bağırsağındaki mikrobik toplulukları ve Mars'a yollanan uzay araçlarındaki mikrobik yolcuları çalışarak geçirmesi onu sanki biraz şaşırtmış gibiydi.

Tarihin böyle cilveli bir ânında, Sogin kendisini yaşı ve bulunduğu coğrafya nedeniyle, yerel Kuralı Askere Alım panosuna asılmış tomarların tepesinde bulmuştu. Henüz askere alınmamıştı ama her an alınabilirdi ve bu ilk kurallarla askere alım panolarının daha az keyfi hale gelmesinden önce olmuştu. “Okulda kalmakla Vietnam’a gitmek arasında hızlı bir karar almak zorundaydım.” Savaş en çirkin noktaya varmıştı. O yılın şubat ayında yaşanan Tet saldırısı, Amerikalı birçok genç erkeğin (Mitch Sogin ve ben de dahil) kanını dondurmuştu ve adaletsiz bir uygulama olsa da lisans öğrencisiyseniz tecil etme imkânınız vardı. “Okulda kalmaya karar verdim,” diye aktardı Sogin bana. “Çok basitti.” Woese’in rehberliğinde doktora için çalışmaya başladı. Konusu ribozomal RNA’ydı.

Woese ilk görüşmelerinde Mitch Sogin hakkında şunu fark etmişti: Çocuk zeki olmasının haricinde ekipmanlarda da maharetliydi. Belli becerileri bir araya getirmesi (el becerisi, mekanik yatkınlık, kesinlik, sabır, biraz tesisatçılık, biraz elektrikçilik) onu sadece deneysel çalışmalarda değil, bu çalışmalar için aletlerin üretilmesinde de başarılı yapmıştı. Sol Spiegelman, Sanger’in metoduyla RNA’ların dizilimini çıkarmada kullanılacak bir dizi aygıtın siparişini vermiş ve ödemesini yapmıştı. Fakat şimdi Spiegelman Columbia’ya gittiğinden aletlerini arkasında bırakmıştı.

“Dolayısıyla bu ekipmanlar Carl’a miras kaldı. Fakat yanında nasıl kullanılacaklarını bilen kimse yoktu.” Tabii Sogin laboratuvarına gelinceye kadar. “Esasında bu teknolojinin tümüyle ithal edilmesinden sorumluydum.” Yani bunları Spiegelman’ın laboratuvarından ve diğer kaynaklardan Woese’in operasyonuna ithal etmekten. Sogin, Bishop New York’a kaçmadan önce, ondan Fred Sanger’in teknikleri hakkında olabildiğince çok şey öğrenmişti. Ardından Sogin, Woese’in doktora öğrencisi olduğu kadar bakım onarımlardan anlayan elemanı gibi olmuştu. Ribozomal RNA’nın dizilimini

mümkün kılmak için çeşitli donanımları bir araya getirip bakımını yapan biri.

Woese'ın kendisi deneyselci biri değildi. Francis Crick gibi teorisyen, düşünür biriydi. "Kendi laboratuvarında hiç ekipmanlardan birini kullanmamıştı," diyordu Sogin. Filmleri okumak için kullandığı ışık kabinlerini saymazsak hiçbirini. Sogin bu floresanlı ışık kabinlerini, radyoaktif fosforla RNA parçalarına ait film görsellerinin büyük X ışını negatiflere yansıtılarak incelenebilmesi için bizzat kurmuştu. Yarı saydam plastik örtülerden ve daha floresanlı lambalardan yararlanarak kitap raflarından oluşan koca bir duvarı, aynı ilan panoları gibi, tek, kocaman ve dikey bir ışık kabinine dönüştürmüştü. Buna ışık panosu diyorlardı. Bir kutu üzerine yansıtıldıklarında veya ışık panosunun üzerine şeritleri çekildiğinde, her yeni film karanlık oval şekillerden oluşan bir deseni gösteriyordu. Sanki dev bir amip sürüsü parlak ışığa doğru yarış halindeymiş gibiydi. İşte bu bir RNA molekülünün parmak iziydi. O dönemki laboratuvar çalışanlarının anılarıyla birkaç eski fotoğraf, Carl Woese'ı saatlerce bu parmak izlerini dikkatle izleyen biri olarak betimlemektedir.

Woese'ın kendisi daha sonra o günleri şöyle hatırlayacaktı: "Rutin, sıkıcı bir işti fakat tam konsantrasyon istiyordu."⁷¹ Her nokta bazların oluşturduğu küçük bir ipliği temsil etmekteydi. Genelde bunlar en az üç harften oluşuyor ama 20 civarından fazla olmuyordu. Her film, her parmak izi farklı bir yaratığın ribozomal RNA'sını yansıtıyordu. Carl Woese'ın beyinde birleşen bu örüntüler ve desenler, yaşam ağacına ilişkin yeni bir taslağın sembolü olmuştu.

Mitch Sogin'in orada olduğu süre zarfında ve sonraki on yılın büyük bir dilimi boyunca, Woese'in laboratuvarında yürütölen bu girişimlerin mekanığı karmaşık, zahmetli ve biraz korkutucuydu. İşin içinde patlayıcı sıvılar, yüksek voltajlar, radyoaktif fosfor, en az bir patojenik bakteri ve gevşek bir doğaçlamayla belirlenmiş güvenlik prosedürleri vardı. Her oğlan çocuğunun hayali. Cesur genç mezunlar, post-doktora adayları ve teknik asistanlar, kararlı bir liderin altında bilimi daha önce hiç kimsenin, Fred Sanger veya Linus Pauling'in dahi gitmediğı noktalara taşıdılar. ABD Mesleki Sağlık ve Güvenlik Yönetimi yakın zamanda kurulmuş olsa da yaşananlardan bihaberdi.

Temel hedef; tüm hücreli yaşamların en derin çekirdeğinde saklı olan bir molekülerin farklı türlerini dizilimden geçirmek, bunları karşılaştırmak ve başlangıçtan bu yana evrimsel ilişkilerin tarihini çıkarmaktı. Woese hücreyel anatominin evrensel unsurlarından biri, yani genetik bilgileri proteinelere dönüştüren ribozomlar üzerinde çoktan karar kılmış durumdaydı fakat ortada şöyle hayati bir karar

vardı: *Hangi* ribozomal molekülü incelemeliydi? Ribozomlar bahsettiğim gibi iki alt birimden oluşmaktadır. Kalbin kulakçıkları ve karıncıkları gibi küçük olan büyüğün altına sokulmuş haldedir ve bunlar hem RNA'lardan hem de proteinlerden oluşmuştur. RNA parçacıklarının içinde farklı uzunluklara sahip ayrı moleküller vardır. Başta Woese büyük alt birimden kısa bir RNA molekülünü hedef almıştı. Üzerine düşünmenizi istemediğim müphem sebeplerden ötürü 5S ("beş-S") olarak bilinen bir parçaydı bu. Sadece 5'in küçük bir rakam olduğunu hatırlayın. Bu molekülün tatmin edici olmadığı görüldü çünkü kısalığı taşıdığı bilgi miktarını sınırlandırıyordu. RNA'yı meydana getiren nükleotitlerin alfabeti DNA'nınkinden bir miktar farklıdır –A, S, G'den sonra T'nin (timin) yerine U (urasil) vardır– ve küçük 5S dizilimlerinde farklı yaratıkları birbirinden ayırt etmeye yetecek kadar A-S-G-U alfabeti yoktu. Bu sebeple küçük alt birimde bulunan daha uzun bir moleküle geçti ve gözünüzü arkaya devirme riskini alma pahasına ismini söyleyeceğim. Neden mi? Çünkü önemli ve kabul ettiğinizde sahipleniyorsunuz: 16S rRNA. İşte. O kadar da kötü değil, değil mi?

Bunun açılımı şu: "16-S ribozomal RNA." Bu yeryüzünde bulunan her bakterinin yapısal bileşenidir ve bakteriler Woese'in ilk çalıştığı konuydu.

18S rRNA adında, hayvanlar, bitkiler ve mantarlar gibi daha karmaşık yaratıkların ribozomlarında bulunan yakın bir türü vardır. Bu 16S molekülü ve onun 18S türü bu sebeple, tüm hücreli organizmalar arasındaki farklılıklarla ilişkileri çıkarmak için standart bir referansa, büyük bir ipucuna dönüşebilmişti. Büyük ihtimalle, moleküler olsa da olmasa da, bir yaşam ağacı çizmek için gereken en sağlam kanıttı. Bu kabul asla *The New York Times*'in manşetlerine taşınmasa da, Carl Woese'in 20. ve 21. yüzyıllarda biyolojiye yaptığı en büyük katkıydı.

1970'lerin başında Woese'in en acil hedefi, farklı organizmalardan ribozomal RNA'ları çıkarmak, organizmaların her birinden alıp seçtiği rRNA moleküllerinin genetik dizilimleri hakkında olabildiğince çok şey öğrenmek ve ilişki derecelerini ölçebileceği kıyaslamalar yapmaktı. İşe bakterilerle başlamıştı çünkü birçok bakteri çeşidi-

ni laboratuvarında üretmek kolaydır ve kolektif geçmişleri fi tarihine dayanır. Farklı farklı sayısız aileden bakterilere bakmak ona, 16S rRNA gibi yavaş evrilen moleküllerde bile karışıklıklar görme ihtimali sunmuştu. Kendisi ve ekibi, ribozomal RNA'ları bakteriyel hücrelerden çekerek, her birinde 16S moleküllerinin numunelerini saflaştırarak ve bu molekülleri enzimlerle farklı boyutlarda parçalara ayırarak işe devam ettiler. Ardından parçaları elektroforezle, yani bir elektrik alanı ile ıslak kâğıttan veya jelden yapılmış bir pist kullanarak ayırdılar.

Elektroforezde piste karma parçalardan oluşan bir solüsyon eklenir, güç devreye alınır ve elektrik küçük parçaları büyüklerden daha hızlı bir şekilde çeker. Onların pist üzerinde farklı gruplar veya oval noktalar şeklinde ayrılmasını sağlar. Woese'ın girişiminde, her parça bu A, S, G, U bazlarının sadece birkaçından oluşmaktaydı. Sayıları belki üç, belki beş, belki sekiz, belki de 20 kadardı ama her zaman bütün bir molekülün ufak bir parçasıydı. Bu küçük parçalar daha sonra tekrar çekilebiliyordu ama bu sefer yanlara çekmek mümkündü ve dizilimleri A, S, G, U bazları arasındaki kimyasal ve elektriksel farklılıklara göre netleşmeye başlıyordu. Bu yöntemle küçük parçacıkların dizilimini çıkarmak tek ve devasa bir zincirinkinden daha kolaydı. Tahmin edebileceğiniz gibi AAG'yi ayırt etmek, AA-UUUUUSAUUSG'den daha kolaydı.

Çalışmanın birkaç aşaması vardı. Esas iş parçacıkları birbirinden ayırma süreciyle başlıyordu. İkinci iş yan boyutta her parça hakkında daha fazla şeyi açığa seriyordu. Bu parçalar sadece pistin altına hareket etmekle kalmayıp çaprazlamasına yarış halinde olduğundan tek tek ayırt edilebilir hale gelmekteydiler. Radyoaktif içerikleri nedeniyle bu parçalar, X ışını filmlere ısıyla kazanmış ovaler olarak görülmekteydi. Oval noktalarla damgalanmış filmler, Woese gibi uzman bir yorumcunun dizilimleri anlamasına imkân tanıyordu. Yani A'ları, S'leri, G'leri ve U'ları birbirinden ayırıp parçaların her birinde hangi sırayla yer aldıklarını belirlemelerini sağlıyordu. Bu şekilde aydınlatıldığında bir parçacık, gölgeli bir amipten çok bir kelimeyi andırır hale geliyordu. Kendi yazım şekilleri de vardı. Şu küçük sözcüğün, şu parçanın veya ötekinin yazım şekli nasıldı? SAAG

şeklinde miydi? Yoksa SAUG miydi? Yoksa biraz daha uzun ve farklı bir şey miydi? Belki SUAUGG idi. Yanıtlar önemliydi çünkü paragraflarda toplanan bu sözcüklerden hareketle Woese, alındıkları yaratıkların birbiriyle ne derece ilişkili olduklarını çıkarıyordu.

İkinci işlemden sonra dizilimler, en azından uzun parçalarda sık sık olduğu gibi, hâlâ muğlaklığını koruyorsa, bunlar başka enzimler kullanılarak biraz daha kesiliyor ve üçüncü bir işlemden geçiriliyordu. Dördüncü işleme nadiren gerek duyuluyordu ama genelde bu uygulanabilir bir şey değildi (ayrıca gereksizdi) çünkü bakterilere yüklenen radyoaktif fosforun kısa yarı ömürlü olması, radyasyonun hızla sönmelenmesi ve iki hafta sonra parçaların film üzerinde görsellerin izini çıkaramaması demekti. Deneyim kazandıkça Woese, parçaları nasıl keseceği ve bunları en fazla üç işlemde nasıl halledeceğini daha iyi kavrar hale geldi.

Mitch Sogin ve halefleri mikropların kültürle üretilme, RNA'nın çıkarılma, kesilme ve elektroforezden geçirilme işlemlerini yürütüyorlardı. Metodolojiye eklemelerde bulunmuşlardı –kesmek için farklı enzimlerin kullanılması, elektroforezde modifikasyonlar– ve 1973'te Woese'in laboratuvarı, dünyada Sanger tipi RNA dizilim teknolojisinin en gelişmiş kullanıcılarından biri oldu. Mezun öğrenciler ve teknisyenler parmak izlerini çıkarırken, Woese zamanını noktalara bakarak geçiriyordu. Pratikte aşırı zahmetli olan bu uğraşın, potansiyel getirileri aynı derecede derin ve sağlam mıydı? Evet. Daha sonra şöyle yazacaktı: "Eve giderken kendime 'Woese, bugün yine zihnini yok ettin,' diyerek yürüdüğüm günler vardı,"⁷² 1968 ve 1977 arasındaki yıllar yalnız ve uzundu. Bugün dizilimler şipşak çıkarılmaktaydı fakat Woese zamanının ötesindeydi. Adeta çöl kumlarından elleri ve dizleri üzerinde sürünerek geçen bir adam gibi veri topluyordu. Güçlü bir hedefi olmasa bunu başaramazdı.

Onun asistanı veya öğrencisi olmak, belli oranda sağlam bir metanet de gerektirmekteydi. Mitch Sogin radyoaktif fosfor (14 günlük yarı ömrüyle P-32 ismiyle adlandırılmış bir izotop) taşınmasını ayrıntılarıyla aktarıyordu. Nitekim 1972'de her hafta pazartesi yapılan bu taşımalar hatırı sayılır bir niceliğe ulaşmıştı. P-32, onu açan kişiyi değil taşıyıcıyı korumak için tasarlanmış bir kap olan kurşun "pik"

içinde sıvı halde geliyordu. Sogin bu sıvıdan ölçüyle belirlenmiş bir miktarı çekip, daha sonra çalışmayı planladığı bakteriyel kültüre ilave ediyordu. “P-32 ile bir şeyler yetiştiriyordum. Çılgıncaydı,” sözleriyle adeta rasgele bir anısından bahseder gibiydi. “Bugün neden hâlâ hayatta olduğumu bilmiyorum.” Çünkü bakteriler hayati bir besin maddesi olan başka fosforlardan yoksun bir büyüme ortamında kültürlendiği için, açgözlü bir şekilde P-32’yi tutuyor ve onu kendi moleküllerine dönüştürüyorlardı. Sogin ardından ribozomal RNA’yı çıkarıp arıtıyor, “bu esnada laboratuvarı hiç kirletmiyor”du. En azından umdukları buydu. 16S’yi diğer ribozomal parçalardan ayırmak için “ev yapımı elektroforez birimler” kullanıyordu. Bunlar, içinde farklı moleküler parçaların farklı hızlarda hareket ettiği akrilamit jellerden yapılma silindirlerdi. (Akrilamit bilim dışında endüstride de kullanılan, suda çözülebilir, kıvamlaştırıcı bir maddedir.) Sonra jeli donduruyor ve bunu çok keskin bir bıçakla sucuk gibi dilimliyordu. Dilimlemesi zordu: Dilimler çözülüp eriyiveriyordu. Dolayısıyla malzemeyle doğru ısı altında çalışması gerekiyordu ve bu “çok radyoaktif bir madde”ydi. Sogin daha sonra 16S moleküllerini bir enzimle parçalara ayırıyor ve bu parçalar jel dolu silindirlerde değil özel ve emici bir kâğıttan yapılmış pist üzerinde kendi yarışlarına başlıyordu.

Uzun kâğıt şeridinin bir ucu, Sanger tankı olarak bilinen (Fred Sanger geliştirmişti) ve içinde sıvı tamponun olduğu bir kaba gidiyordu. Şerit bir rafın üzerinden geçiyor, uzak ucunda başka bir Sanger tankına boşalıyordu. Her iki kap da elektriksel çekim gücü sağlayan bir aygıtla bağlıydı. Tankların altında yüksek voltajlı platin elektrotları vardı. Üç inçlik sıvı tamponlarla ve en az 15 inçlik Varsol’la kaplanmışlardı. Bu tinerin aksine kâğıt şeridi soğutmaya yaran bir çözücüydü. “Varsol hem uçucu hem de patlayıcı bir madde,” diyordu Sogin. Güç kaynağının yaklaşık 3.500 volt enerji ve büyük miktarda amper verdiğini hatırlıyordu. “Sizi öldürmeye kesinlikle yeterdi.” Ayrıca Varsol’a yanlışlıkla girecek bir kıvılcımla sizi havaya uçurmaya da yeterdi.

Tehlikeli ve karmaşık makinelerden oluşan bunca teçhizat, elektroforez odası olarak bilinen ana laboratuvarın kuytu bir köşesinde, yerden tavana kadar uzanan büyük sürgülü kapılarla kapatılabilecek

koruyucu bir örtünün arkasında tutuluyordu. Sistemi kur, kapıları kapat, enerjiyi aç ve en iyisini umut et. “Öyle aptaldım ki hiçbir şeyden korkmuyordum,” diye anlatmıştı bana Sogin. “Çok naif. Çok genç. Ölümsüz.” Ayrıca çok şanslıydı. Kimse zarar görmemişti.

Sogin’in doktorasını tamamladığı ve ayrılmaya hazırlandığı sıralarda, Woese bazı teknik işlerle uğraşması için farklı binadan bir misafiri, Linda Bonen isimli genç bir kadını işe aldı. Ontario’nun kırsal kesimlerinde yetişmiş olan Bonen, Illinois Üniversitesi’ne gelmiş ve biyofizik alanında yüksek lisans derecesi almıştı. Woese bu yeni laboratuvar işi için onu bizzat kendisi eğitti. RNA’ları nasıl parçalara doğrayacağını, elektroforezi iki boyutta nasıl çalıştıracığını, filmleri nasıl hazırlayacağını öğretti. Hatta filmlerde hangi noktanın hangi parçayı yansıttığına, hangi harfleri ağızlarından kaçırdıklarına bakarak onları nasıl yorumlayacağını da biraz anlatmıştı. USUGG miydi, yoksa UUUSG miydi? Söylemesi zordu. Oysa önlerindeki GAAGU idi, yani alabildiğine farklı bir şeydi. Woese ona sabırlı bir şekilde yapacağı işleri ve ne anlama geldiklerini anlattı.

Bonen 40 yıl sonra, kendisini Ottawa Üniversitesi’nde ziyaret ettiğimde o günleri, “Beni gerçekten çok iyi yetiştirmişti,” diye hatırlıyordu. Geçen süre zarfında kendisi bu üniversitede biyoloji profesörü olmuştu. Kır saçlı, moleküler genetikte son derece uzman bir isim, okul öğretmeni olarak kibar tavırlıydı. “Neticede çıkan ürün X mikrobunun ‘katalogu’ydı,” demişti. Bununla kastettiği şey basitçe, o yaratığın 16S rRNA moleküllerinde bulunan farklı parçacıkların listesi idi. Yani bir katalog. Eğer parçalar sözcükleri andırıyorsa, bu kataloglar birer paragraftı. Bir katalogun diğeriyle kıyaslanması, herhangi iki organizma arasındaki benzerlik derecesini çok keskin bir standartla açığa sermekteydi. Benzemeyen özelliklerin artması evrimsel zaman içinde daha büyük mesafelerin geçildiğini gösteren bir şey olarak alınabilirdi. Neden gövdeden büyük uzuvlar çıkmış, bu uzuvlardan koca dallar türemişti? Ve neden orada ve o tarihte bu olmuş, bu durum hangi yaratıkları meydana çıkarmıştı? Veri toplanmanın akıllara durgunluk veren metodolojisinin ötesinde, Woese’in yanıtlamayı umduğu sorular işte bunlardı.

Bonen'e bir öğretmen ve patron olarak nasıl biri olduğunu sordum.

“Şey, hiç patronmuş gibi davranmazdı,” demişti. “Çok tatlı dilli, sessiz, içine kapanık biriydi. Eminim siz de...” Tereddüt etmişti. “Onu şahsen tanıyor musunuz? Hiç karşılaştınız mı?”

Hiç karşılaşmamıştım. Ona açıklama yapmadım fakat sebebi basitti: Woese 2012'nin sonlarında ölmüştü. Henüz izini dahi bulmadan önce, pankreas kanseri onu sert ve hızlı bir şekilde çekip almıştı.

“Herkes için o Carl'dı,” dedi. “Patron değildi.”

Bonen bana şahsi dosyalarında yadigâr olarak sakladığı bir fotoğrafı gösterdi. Laboratuvarında, sarımsı yeşil bir ışık altında, çene-si sıkıca kapalı bir halde kara noktaların yarattığı desenleri inceleyen genç Carl Woese'in resmi. Kısa kahverengi saçları, çizgili spor tişörtüyle, Beach Boys grubuyla birlikte sahneye çıkacak kadar yakışıklı ve havalıydı. Neredeyse özür diler bir tavırla şunu söyledi: “Elimdeki tek güzel resim bu.” Bu beklediklerimden tümüyle farklıydı. Zihnimdeki imge ileri yaşlardaki haline aitti: Utangaç, aksi ve heybetli Dr. Carl Woese.

Evet, Bonen'in de dediği gibi gerçekten utangaçtı. Fakat hayır, “heybetli” biri değildi. Yanlış bir tanımdı. Hiç kullanacağı bir sözcük değildi... Burada sesinin tonu yine düşmüştü. Sonra şunu ekledi: “Onu sadece çok kısa süreliğine tanıdım.”

Ken Luehrsen, Linda Bonen'ın çalıştığı kısa süreden hemen sonra, Woese'in laboratuvarında çok farklı bir deneyim yaşadı. Woese'la ilk kez karşılaştığında Illinois'de lisans öğrencisiydi. Onu, Woese'in uzmanlık alanının çok dışında olan bir konuda, gelişim biyolojisiyle ilgili bir seminerde ders vermiş bir öğretim görevlisi olarak tanıdı. Luehrsen'e göre bu uyumsuzluğun arkasındaki mantık şuydu: "Diğer profesörler Carl'ın meselelere nasıl baktığını duymaktan hoşlanıyorlardı, böylece onun fikirlerini kendi araştırmalarına dahil edebiliyorlardı."⁷³ Woese herkesin bildiği gibi parlak, kafası fikirlerle dolu biriydi ama harcadığı emeğe düşkün biriydi. "Kuşkusuz Carl, çok fazla çalışmak zorunda olmadığı alanlarda öğretim kredisi alma fırsatı bulmuştu." Seminerde öğrencilere çeşitli dergi makalelerini açıklayan sunumlar yapma ödevi veriliyordu. Böylece Woese kolayca tartışmayı yönetebiliyordu. Sınıflarda çok daha çetin konuların dersini vermekten –hele Tanrı korusun ders hazırlığı ve sunumu gibi işlerden– nefret ediyordu çünkü "bunlar kendisini gerçek aşkından koparıyormuş gibi hissediyordu: Yaşamın kökeni ve evrimini anlamaktan."

Seminerde tanıştıktan sonra Luehrsen bu ürkütücü şahsın yanına gitti ve danışmanlığı altında ileri düzey bir proje yapmak istediğini söyledi. Woese onu kabul etmekle kalmayıp, Luehrsen'i şaşkırtan bir hareketle onu "ofisine oturttu".⁷⁴ Bu üzeri karmakarışık kâğıtlarla kaplı iki masanın bulunduğu çok küçük bir odaydı. Ardından (ya ciddi ya da alaycı bir tavırla) burada "ona göz kulak olabileceği"ni söyledi. Luehrsen sersemlemişti. Gerçekten orada olmalı mıydı? Telefon çaldığı anda odadan kaçıp Woese'ı yalnız mı bırakmalıydı? Woese'ın ofisinde çok az zaman geçirdiği ve vaktinin çoğunu laboratuvarında "ışıklı panosunda 16S rRNA parmak izlerini okuyarak" geçirdiğini görünce rahatsızlığı geçti.

Woese'ın ölümünün ardından Ken Luehrsen, bilimsel bir dergide Woese'dan övgüyle bahseden diğer makalelerle birlikte yayımlanması için onun çalışmalarını, mizacını ve uzun yıllar önceki ilişkilerini tarif eden kısa bir anı yazısı kaleme aldı. İzini California Silicon Vadisi'nin ucundaki San Carlos'ta bulduğumda hepsini tekrar zihninde canlandırmıştı. Şimdi orada kariyerinin sonlarına gelmiş kıdemli bir bilim insanı ve biyoteknoloji uzmanı olarak çalışıyor, bir ofis alanında cam kapıların arkasında küçük gruplara danışmanlık veriyordu. O âna dek biyoteknoloji alanında antikor ve diğer moleküler ürünleri yaratmaya yönelik metodolojileriyle birçok patent almıştı. Ayrıca kıtanın diğer ucunda sürekli gidip geldiği ve Half Moon Körfezi olarak bilinen yerdeki eski karşı-kültür yerleşkesinde rahat bir hayat yaşıyordu. İsteddiği zamanlarda çalışıyordu. Bu firmada saçları kırılaşmış yaşlı biriydi. Etrafı tek kişilik çalışma masalarında oturan genç ve parlak meslektaşlarla çevrelenmişti ve onlar için "Woese" en fazla "Darwin" veya "Fibonacci" gibi belli belirsiz hatırlanacak bir isimdi. Uzun ince yapısı, keçi sakalı, rahat ve biraz alaycı tavırla Luehrsen şehre kaçıp suşi yeme teklifinde bulundu. Ardından neredeyse tüm ikinci boyunca sohbet ettik.

Woese'la ilk karşılaşmasından bahsederken, "O dönemde çok küçüktüm," diyordu. "Hiçbir şey bilmiyordum." Luehrsen'in cehaletine rağmen, o büyük adam ona epey emek sarf etmişti. Özel eğitim vermek Woese için, sıra sıra dizilmiş kayıtsız surata seminer vermekten daha az tiksindirici bir şeydi. "Bana yaptığı şeyleri açıkladı. Belki

anlattıklarının sadece çeyreğini anlamıştım.” Fakat bu delikanlı diktatini iyi veriyor ve hızlı öğreniyordu. “Sanırım karşısında ilgili biri görmüştü ve ben de gayet sıkı çalışıyordum.”

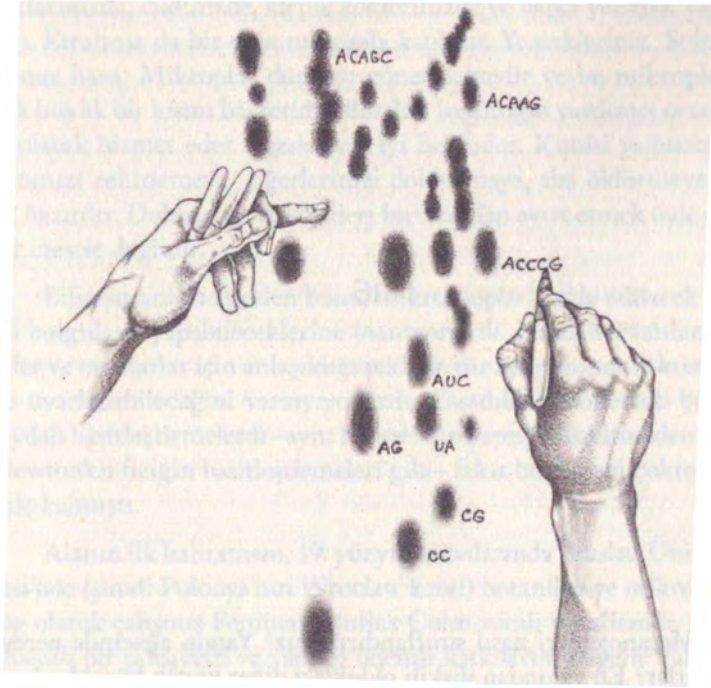
Luehrsen’in lisans öğrenimi gören bir asistan olarak Woese’in laboratuvarına katılması, mezun bir öğrenciyle ekip olup bakteriyel kültürlerden radyoaktif rRNA’ları çıkarmak gibi nahoş bir işle görevlendirilmesi 1974’te oldu. Çeşitli kültürlerle on miklikürü (büyük bir doz) P-32 boşaltıyor ve bakterinin bunu emmesi için bir gece kuluçkaya yatırdıktan sonra, pişmiş bakterileri küçük bir topakta toplamak için karışımı santrifüjde döndürüyordu. Topak tamponda çözüldükten sonra bu mayayı, Fransız tipi kahve demleme aparatlarının laboratuvar versiyonuyla eziyorlardı. Kahve için kullandıklarınızdan çok da farklı değillerdi. Bu bakteri hücrelerinin yırtılıp açılmasını ve içindekilerin akıtılmasını sağlıyordu. Luehrsen ve ortağı ardından kimyasal çıkarım işlemiyle ribozomal RNA’yı çekiyorlardı. Sonrasında farklı parçacıklar –diğerlerine ve 5S olarak bilinen daha kısa olanlarına karşı 16S molekülleri–, Mitch Sogin’in ev yapımı akrilamit jelli silindirleri kullanılarak ayrılıyordu. Akrilamite ek olarak (bugün olası kanserojenlerden biri olarak sayılmaktadır) fenol, kloroform, etanol ve radyoaktif fosforla da çalıştıkları oluyordu. Luehrsen anı yazısında şöyle yazıyordu: “Sık sık ne kadar da karmaşa yaşıyorduk! Geiger sayacı hep çılgılık çılgılaydı.”⁷⁵

Kültürle yetiştirdiği ve ezdiği bakterilerden biri *Clostridium perfringens*’di. Gazlı kangrenden sorumlu olan bu mikrop, yaralarla hassas hale gelmiş kas dokusuna yerleşen, özellikle savaş alanında yaralı askerlerde yayılan çirkin bir nekroz [doku çürümesi] türüydü. Bunu fark ettiğinde Luehrsen şikâyetçi olmuştu ama Woese açık bir yara olmadığı için “sadece kıkırdayıp endişelenecek bir şey olmadığını söylemişti.”⁷⁶ Woese “iki yıl iki gün” tıpta okuduğunu söylemişti ve *Clostridium perfringens*’in onu kangren yapma olasılığının düşük olduğunu anlatıp Luehrsen’i yatıştırmıştı. Luehrsen bu hadiseyi bir ders olarak görmüş –Woese’a güvenmekten ziyade kendi keskin zekâsına daha fazla güvenmesi gerektiğini öğrenmişti– ve Woese’in üçüncü yıl pediatriye rotasyona başlamasının ikinci gününde neden tıbbı bıraktığını asla sorgulamamıştı.

1975'te Illinois'den mezun olduktan sonra Ken Luehrsen, Woese'ın gözetiminde doktora eğitimine başlamak için orada kalmaya karar vermişti. O esnada Woese laboratuvarın odağını ufak ama kritik bir şekilde kaydırmıştı. Bu değişim onu en sarsıcı keşfine götürecekti. O ana dek yaygın bakterilerdeki ve maya gibi –elde etmesi ve laboratuvarı yetiştirmesi kolay– diğer tekhücreli organizmalardaki moleküller analizlere odaklanmışlardı. Fakat bunlar yöntemlerini rafine etmelerine yarayan hazırlıklardan ibaretti. “Yapmak istediği şeylerden biri o tuhaf bakterilere bakmaktı,” diye anlatmıştı bana Luehrsen. Woese bunun, “evrim hakkında derin” ve yaşamın büyük dalları arasında yatan “derin farklılıkları” görmesini sağlayacak bir görüş sunmasını umuyordu. Böylece Mikrobiyoloji Bölümü'nden bir meslektaşıyla, metanojen olarak bilinen grubun kültürle yetiştirilmesi konusunda dünyanın önde gelen uzmanlarından biri olan Ralph Wolfe'la birlikte çalışmaya başladı.

Metanojenler: İsimlerini biyokimyalarının tuhaf bir özelliğinden alırlar. Oksijenin olmadığı ortamlarda hidrojen ve karbondioksidi metabolize ederken yan ürün olarak metan üretmektedirler. Daha sade bir tabirle bu böcekler, çamurlu sulak alanlarda içinden fokurdarak çıkan bataklık gazları üretmektedirler. Ayrıca ineklerin karnında oluşup geçirti veya osuruk yoluyla çıkan gazları andırırlar. Belli bazı metanojenler, Grönland buzullarının altında, okyanusların derinlerinde ve sıcak çöl toprakları gibi başka uç çevrelerde de gelişmektedir. Bu ortak metabolik özelliklerine rağmen Ralph Wolfe, Woese'a metanojen toplulukları arasında tuhaf bir süreksizlik olduğunu söylemişti. Buradaki süreksizlik biçimlerinden kaynaklanıyordu. Bazıları koksi (yuvarlak), bazıları da basiliydi (çubuk şeklinde). Koksi ve basili bakterilerin iki ayrı türü olarak görüldüğünden, mikrobiyologlar metanojenleri nasıl sınıflandıracaklarını, metabolizmayı temel alarak birlikte mi yoksa biçimlerinden hareketle ayrı ayrı mı ele alacaklarını çözememişlerdi. Bu bilmece Woese'ın ilgisini çekmişti.

Bunca şeyi ve daha fazlasını anlattıktan sonra Ken Luehrsen sohbetimizi sona erdirdi ve beni bazı hediyelerle uğurladı. Biri 1970'lerin ortasında çektiği siyah beyaz bir fotoğraftı. Bu enstantane çekimde Woese ışıklı panosunun karşısında, karanlık noktaların oluşturduğu



“Parmak izi” filminde RNA parçacıklarının notlarla açıklanması.

bir desene dalgın düşüncelerle bakıyordu. Elinde gördüklerini renklerle kodlamak için kullandığı avuç dolu keçeli kalem vardı ve verileri kaydetmek için kullandığı kurşunkalem sağ kulağının arkasındaydı. Luehrsen’in diğer hediyesi ise o dönemlerde tuttuğu not defterinden kalma, sararmış (kopyası değil orijinal) bir kâğıt parçasıydı.

Üzerinde, organizmanın birinden alınmış parçacıkların kataloğu vardı. İki sütuna tertipli bir şekilde kaydedilmiş ve dört kodlu harflerden oluşmuş bu açıklayıcı ifadelerden daha fazlası vardı. USUSG. SAAG. GGGAU ve düzinelercesi. Tepede yine elyazısıyla karalanmış kısaltma, o dönemde *Methanobacterium ruminantium* olarak bilinen bir organizmanın isminden bahsediyordu. Daha sonra ismine rağmen, bunun bir bakteri olmadığını fark ettim. Luehrsen bana ayrı bir yaşam formunun genetik sabıkasını vermişti.

Metanojenleri nasıl sınıflandırırsınız? Yaşam ağacında nereye otururlar? En yakından ilişkili oldukları diğer küçük böcekler hangileridir? Woese ve meslektaşlarının 1970'lerin ortalarında kendilerine sordukları bu sorular, bakteriyel taksonomi gibi yavan bir ismi olsa da çok önemli bir disiplinin kapsamına girmekteydi. Bu bakterileri iç içe gruplara ayırma teşebbüsüydü: türlere, cinslere, ailelere, vd. Bir şeyin ismine *Methanobacterium ruminantum* dediğinizde onu nereye koyardınız?

Bu kulağa gizemli bir egzersiz gibi gelebilir. Pul koleksiyonunun yanında maceralarla dolu heyecanlı bir spor gibi kalacağı marjinal, gülünç, saçma bir faaliyet gibi gelebilir. Bakteriler ufak, görece basit, görünmez yapılardır. Fakat görünmez olmak bazı şeyleri önemsiz kılıyorsa, yerçekimi ve mikrodalga da önemsiz sayılmalıdır. Yeryüzündeki yaşam formlarının çoğunun mikrobik canlılar olduğunu, geri kalanlarımızın varoluş koşullarını belirlediklerini ve hatta insan bedeninde en azından insan hücresi kadar mikrobik hücre bulunduğunu hatırlamakta fayda vardır (bu küçük yolcular bağır-

saklarınızda, cildinizde, kirpik köklerinizde ve başka yerlerde yaşarlar). Etrafınız da bir dolu mikropla kaplıdır. Yemekleriniz. Soluduğunuz hava. Mikroplar dünyayı yönetmektedir ve bu mikropların çok büyük bir kısmı bakteridir. Bazıları insanlığın yardımcı ortakları olarak hizmet eder. Bazılarıysa iyi huyludur. Kimisi yağmacıdır; kanınızı zehirlemeye, ciğerlerinizi doldurmaya, sizi öldürmeye her an hazırdır. Dolayısıyla bakterileri birbirinden ayırt etmek öyle ufak bir mesele değildir.

Biliminsanları eskiden bunu, mikroskoplarla elde edilecek görsel bulgularla yapabileceklerine inanıyorlardı. Hatta hayvanlar, bitkiler ve mantarlar için anlaşıldığı şekliyle tür kavramının bakterilere de uyarlanabileceğini varsayıyorlardı. Yaşadıkları dönemde bunlar faydalı basitleştirmelerdi –aynı Einstein’ın yaptığı düzeltmeden önce Newton’cu fiziğin basitleştirmeleri gibi– fakat bu dönem çoktan geride kalmıştı.

Alanın ilk kahramanı, 19. yüzyılın sonlarında Breslau Üniversitesi’nde (şimdi Polonya’nın Wrocław kenti) botanikçi ve mikrobiyolog olarak çalışmış Ferdinand Julius Cohn isimli bir adamdı. Cohn albenili bir şahsiyetti ve yaptığı önemli katkıların gölgede kalmasının kısmi sebebi, başarıları çok daha pratik ve çarpıcı olan, daha iyi akıllara kazınmış çağdaşlarının olmasıydı: Louis Pasteur, Robert Koch, Joseph Lister. Hastalıklar, tarım ve şarap üzerine çalışmışlardı. Cohn esas olarak mikroskobik organizmaların tanımlanıp sınıflandırılması üzerinde çalışıyordu. Kimse bakteriyel taksonomiciler hakkında Hollywood filmi yapmazdı.

Cohn türleri arasında ayrımlar yaparak, grupları yaşam ağacında olmaları gereken yere yerleştirmeye çalışarak bakterileri sınıflandıran ilk araştırmacı değildi. Fakat çabaları diğerlerinden daha inatçı ve keskin idrakliydi. Dahası yüzyılı aşkın boyunca dağıtılamamış olan, o günden beri Leeuwenhoek gibi basit mikroskoplarla bu küçük yaratıkları gören gözlemcileri şaşkına çevirmiş sislerin içinden bakteriyolojiyi çıkarmak için çok çaba sarf etmişti. Birtakım görüşler ve yöntemsel düzenlemeler gelişme kaydetmesine yardımcı olmuştu. Mikroskobi daha iyi mercekler ve içlerine yerleştirildikleri duyarlı aygıtlarla gelişmişti. Cohn’un laboratuvarı, eski usul sıvı besinlerde

değil, pişmiş patates dilimi gibi katı ortamlarda bakteri kültürü yetiştirmeye başlamıştı. Bu Cohn'a farklı yapıları ayrı ayrı seçme, yetiştirme ve ele alma imkânı vermişti. Ayrıca bakteri türlerini ayırırken yapısal olanların dışında fizyolojik ve davranışsal karakteristiklerin de faydalı olabileceğini görmüştü. Farklı ortamlarda nasıl büyüyorlardı? Nasıl hareket ediyorlardı? O döneme kadar Cohn da Darwin'in evrim teorisini benimsemişti ve bundan ötürü bakteriyel yapıların zamanla değişimden geçip adaptasyon sağladıkları ona mantıklı gelmişti. Bu kademeli bir değişimdi. Bazı biliminsanlarının tahayyül ettiği şeyin aksine kesin bir dönüşüm değildi – bir bakteri formu aniden başkasına dönüşmüyordu. Cohn dönüşüm fikrini benimsemiyordu. Bakterileri esas olarak sabit kimlikte yapılar olarak görmekteydi. Sonunda onları dört ayrı kabileye ayıran sistemini yayımladı. Her biri azametli Latince isimleri olan bu türler yuvarlak, çubuk biçimli, ipliksi ve spiral gruplardı. Bu kabilelerin içinde, onları cinslere ve türlere ayıran daha ince ayrımlar yapmaktaydı.

Alandaki herkes Cohn'un bakteri türlerini sınıflandırma şeklini yahut onların değişmez kimliklere sahip olduğu görüşünü kabul etmemişti ve şekil değiştiren bakteri fikri on yılı aşkın bir süre boyunca geçerliliğini korudu. Bilim tarihçilerinin onun hakkında zikrettiği uzun kanaatler, onu bir biliminsanı ve birey olarak iyi anmaktaydı. Kendini övmekten “çekinmesi”nden, alçakgönüllülüğünden, belagatli ders anlatımından ve “o dönemde çalışması en güç konulardan birinde karmakarışık ifadelerin içinden doğru ve önemli olan şeylerin neredeyse tamamını çekip çıkarışı”ndan bahsediyorlardı.⁷⁷ Bakteriyel türlerin gerçek olduğunu savunmanın ve onları sınıflandıracak bir yol çizmenin dışında, Cohn Pasteur'le birlikte yeni yaşam formlarının kendiliğinden türemeye açığa çıktığını söyleyen inatçı yanlıgıyı öldürmek için çok çabalamıştı. Öyle üremediklerini göstermişti. Bakteriler sanki hiç yoktan ortaya çıkmış gibi göründüklerinde, bunun sebebi başka bir yerden gelmeleri idi: Bulaşmayla, havada yüzerek, yeniden harekete geçen sporlarla üüyorlardı. Cohn'un eseri alanın otoriter tarihçilerinden birinin 1938'de yazdığı satırlara göre “karakteri ve ifadesi bakımından tümüyle modern bir çalışmaydı” “ve yaptığı titiz incelemeler insanı sanki kadim tarihten modern

zamanlara geçiyormuş gibi hissettiriyordu.”⁷⁸ Elbette 1938’de modern görünen şey bugün göze modern gelmemektedir.

Kendini tamamen ampirik bulgulara adanmış Ferdinand Cohn bile hatalar yapmıştı. Bir örnek verelim: Tüm araştırmalarından sonra, birçok meslektaş gibi, bakterilerin bitkiler krallığına ait olduğuna hâlâ inanıyordu. Dolayısıyla çizdiği yaşam ağacı sonraki standartlara göre feci derecede yanlıştı. Başka bir örnek de şu: Görülecekti ki bir bakterinin diğerine radikal bir şekilde dönüşme önermesi, hayal edebileceğinden çok daha karmaşık bir şeydi.

“Kaos” büyük sistem kurucu Linnaeus’un, *Systema Naturæ* eserinin 1774 yılındaki baskısında Leeuwenhoek’in bakterileriyle diğer ufak yaratıkları içine attığı grubun ismiydi.” Bu uzun ömürlü bir yargı olmuştu. 20. yüzyılın ortalarında, Ferdinand Cohn’dan yıllar sonra dahi uzmanlar, hâlâ bakteriyel taksonominin anlamlı bir girişim mi yoksa korkunç derecede kaotik bir şey mi olduğunu tartışıyorlardı.

1923’ten itibaren bakterileri tanımlamak için kullanılan standart kaynak, editörlüğünü bakteriyolog David Hendricks Bergey’in yaptığı, *Bergey’s Manual of Determinative Bacteriology* [Bergey’in Niteleyici Bakteriyoloji Kılavuzu] adlı kalın incelemeydi. Fakat mikrobiyoloji geliştikçe, Bergey’in sisteminin muğlak, tutarsız ve bazı temel hususlarda yanlış olduğu netlik kazandı. Bakteriyel yaşamın ağacını sunmuyordu. Sadece övgülerle bahsedilen bir saha kılavuzuydu. Yine de Bergey’in kılavuzunu eleştiren ve onu geliştirmeye çalışan başka araştırmacılar, eleştirinin geliştirmekten çok daha kolay olduğunu gördüler. Bakterileri sınıflandırma işi feci derecede

zordu. Bakterilerin atalarından kalma fosil kayıtlar nerdeyse hiç bulunmuyordu. Dış şekillerinde ve iç anatomilerinde ince ayrımları desteklemeye yetecek farklılıklar, güçlü mikroskoplarla bakılsa dahi görülüyordu. Ortak ataları değil de paralel adaptasyonları yansıtıyorsa, fizyolojik karakterler de yanıltıcı olabilmekteydi. Peki, bu sınıflandırma yapacak kişiye kullanması için geriye ne bırakmaktaydı? (İpucu verelim: Carl Woese bir yanıt verecekti ama 1977'ye kadar değil.) Bu açmaz 1962'de, dünyanın önde gelen iki mikrobiyologu C.B. van Niel ile Roger Stanier neticede çaresizce havlu atıp pes ettiklerinde doruk noktasına ulaşacaktı.

Van Niel eğitimini Delft'te almış bir Hollandalıydı. 1928'de California'ya kaçtı ve burada Stanford Üniversitesi'nin parçası olan bir deniz biyolojisi merkezinde dersler verdi. Özel ilgi alanları bakterilerin fizyolojisi ile taksonomisiydi. Roger Stanier ise van Niel'in önce öğrencisi, sonra özel çırağı, en sonunda da ortağı olmuş genç bir Kanadalıydı. 1941'de Stanier henüz 25 yaşındayken, van Niel'le birlikte bakterilerin sınıflandırılması hakkında etkili bir makale kaleme almıştı.

Bu makale bir nesil boyunca nihai bir çalışma olarak görüldü – ta ki iki yazar da bundan feragat edinceye kadar. Stainer'ın kendisi daha sonra yazı nedeniyle biraz utanç duyduğunu itiraf etmişti. Hele van Niel'i ortak yazarı olmaya ikna ettiği için daha da pişmandı. Öğrenci ve öğretmen olarak birlikte imza atmış olsalar da eser esas olarak Stainer'ındı. Makalede Bergey'in kılavuzuna yöneltilmiş isabetli bir eleştirinin dışında, bakterileri sınıflandırmak için ortaya atılmış parlak ve yeni bir öneri vardı. Basit bir kontrol listesi veya alan kılavuzundan öte, evrimsel ilişkilerini yansıtan “doğal” bir sistem. Bu sistem alışıldık bakterileri (aynı Ferdinand Cohn'un yaptığı gibi) dört büyük gruba ayırıyordu ve onları basit yaratıkların krallığına yerleştirip yanlarına bir başka grubu daha katıyorlardı: Mavi-yeşil algleri [yosunları].

Algler mi? Evet bilindikleri isimleriyle mavi-yeşil algler uzun süre muğlak bir grubun parçası olmuşlardı çünkü bakterilerle bitkiler arasındaki çizgiye oturuyormuş gibi görünüyorlardı. (Bu kısmen Cohn'un tüm bakterileri bitki *olarak* düşünmesine neden olmuştu –

mavi-yeşil alglerin etrafındaki bulanık çizgiler.) *Alg* fotosentez yapan ve içlerine bu ufak, mavi-yeşil yaratıkların da girdiği gevşek bir canlı topluluğu için kullanılan kapsayıcı bir terimdi. Fakat bu tüm alglerin tek ve ortak bir ataya sahip oldukları anlamına gelmiyordu. Yoksa öyle miydi? Stanier ve van Niel'in yanıtı olumsuzdu. Getirdikleri yeni tanıma göre, mavi-yeşil algler bakterilere diğer alglerden daha çok benziyordu ve bu iki grup her şeyden öte kendi krallıklarının içine konmalıydılar. Neticede bu hücreleri *prokaryotik* –daha önce bahsettiğim gibi “çekirdek öncesi” anlamına gelmektedir– terimiyle adlandırmışlar ve onları geri kalan her şeyi kapsayan *ökaryotik* hücrelerle kıyaslamışlardı. (Daha sonra sözcüklerin Yunanca kökenlerinden yani *prokaryotic* ve *eukaryotic* sözcüklerinden daha doğru bir şekilde aktararak yazımlarını düzeltmişlerdi.) Söz konusu çekirdek hücre çekirdeği idi. Nasıl bakterilerin çekirdeği yoksa, o dönem mavi-yeşil algler olarak bilinen yaratıkların da çekirdeği yoktu (şimdi siyanobakteri olarak sınıflandırılmaktadırlar). İkinci Dünya Savaşı'ndan itibaren mikroskopi alanında yapılan ve elektron mikroskopunu da kapsayan atılımlar, mikrobiyologlara bu ayrımları ve diğerlerini daha iyi görme şansı verdi. Bir bakterinin ne olduğu ve ne olmadığıyla ilgili taze analizleri mümkün kıldı. Stanier ve van Niel 1962'de yayımladıkları “The Concept of a Bacterium” [Bir Bakteri Konsepti] başlıklı yeni makalelerinde, prokaryot kategoriyle birlikte işte bu taze analizi sunmuşlardı. Vardıkları kanaate göre, “bakteriyolojinin bitmek tükenmez entelektüel skandalı” böyle bir kavramın asla net bir şekilde tarif edilmemiş olmasıydı.⁸⁰ Bakteri *neydi*? Hımm, söylemesi zordu.

Bu durumu bakterilerle mavi-yeşil algleri prokaryot olarak aynı yere koyarak ve onları hücreli yaşamların diğer tüm formlarını kapsayan alternatif kategoriyle yani ökaryotlarla karşılaştırarak düzeltmeye çalıştılar. Stanier ve van Niel'e göre bir prokaryotun en temel ayırt edici özelliği şunlardı: (1) hiçbir hücre çekirdeği olmayacak, (2) mitosis olarak bilinen kromozom eşleşmesinin yarattığı ayrıntılı süreçlerden ziyade hücreler basit bölünmeyle ayrılacak ve (3) peptidoglikan gibi havalı bir ismi olup bir bakıma kafesi andıran moleküllerle güçlendirilmiş hücre duvarı olacaktı. Biliyorum, bu ad kulağa Jurassic Park'tan kaçmış uçan bir sürüngenin ismi gibi geliyor. Şimdilik

bunu unutun. Yaşam ağacının en derin yapısını ve o ağacın uzuvları ve kolları arasında, biz insanların içinden filizlenerek çıktığı kökü anlamaya çalışırken peptidoglikan tekrar karşımıza çıktığında, size hatırlatacağım.

Prokaryotlar ve ökaryotlar, hücresinde çekirdek olan yaratıklar ve olmayanlar, görece basit varlıklar ve görece karmaşık olanlar arasındaki dikotomi, biyolojinin temel örgütlenme ilkesi oldu. Stanier ve birlikte ders kitabı yazdığı iki kişi daha sonra şöyle söyleyecekti: “Muhtemelen günümüzün canlılar dünyası içinde bulup bulunabilecek en büyük evrimsel süreksizliği temsil etmektedirler.”⁸¹ Ayrıca insanlara, içlerine çok mütevazı boyutlarda olanların da girdiği başka yaratıklarla aramızdaki kaçınılmaz bağları gösteren sağlıklı bir hatırlatıcıydı. Bizler en basit sınıflandırma düzeyinde birer ökaryotuz. Amipler de öyle. Maya da. Denizaneleri, denizhiyarları, sıtmaya sebep olan küçük parazitler ve ormangülleri de öyleler. Ortalama bir insan için amiple bakteri arasındaki uçurum darmış gibi görünebilir (sebebi kısmen çoğumuzun, en azından lisede aldığımız biyoloji derslerinden bu yana ikisine de mikroskopla hiç bakmamış olmamızdır) fakat prokaryot-ökaryot ayrımından bakıldığında okyanusları andıran bir mesafe vardır. Yaşayan dünyayı proklara ve öklere ayrılmış bir yer olarak düşünebilirsiniz. Nitekim Stanier ve van Niel’in 1962’de yazdığı makaleden sonra biyologlar canlı dünyayı gerçekten böyle düşünmüşlerdir.

Bu fikri öne çıkarmasının dışında, “The Concept of a Bacterium” Stanier ve van Niel’in bakteriyel taksonomi savaşında teslim olduklarını belirtmeleri açısından da dikkat çekiciydi. Bu konuda samimi, dürüst ve haşindiler. Leeuwenhoek’ten bu yana mikrobiyologlar, bakterileri sınıflandırmanın en iyi yolunu aramaktaydılar. Darwin’den itibaren bir bakteriyle diğerinin nasıl ilişkili olduklarını tartışıyorlardı. Artık bu kadar yeterdi. “Ânında ve tatmin edici bir şekilde tanımlanması imkânsız bir grubun incelenmesine yaşamını adanmak, iyi bir biyolog açısından entelektüel anlamda acı vericidir.”⁸² C.B. van Niel’in kendisi buna 40 yılını vermişti. Artık o ve Steiner, 1941’de yayımladıkları “artık ikimizin de savunma hevesinin kalmadığı” “ayrıntılı taksonomik önerme”yi ima ediyorlardı.⁸³ Onu boş

verin diyorlardı. Bu tarz biçimsel sistemlerin veya bunları geliştirmek için harcanan çabaların “değerine şüpheyle bakmaya başladıkları”nı itiraf etmişlerdi. Oysa hâlâ bakterilerin tam olarak *ne* olduğunu anlamının önemli olduğunu kabul etmekteydiler.

Bu şüphecilik, bu taksonomicinin çaresizliği, uzun süredir van Niel’in içini kemiriyordu. 20 yıl önce yazdığı bir mektupta, o ilk ayrıntılı önermenin üstüne imzasını attığı günlerde bile, Stanier’e içindeki sıkıntıyı şöyle itiraf etmişti: “Çok çok uzun yıllar önce sık sık, tüm çabaların (çabalarımın) beyhude olduğunu düşünerek gezinirdim. Laboratuvarda (o zamanlar Delft’teydi) gezinmek ve mikroorganizmaların isimleriyle ilişkileri üzerinde düşünüp konuşmak beni hasta ederdi.”⁸⁴ Bunlar gerçek miydi? Bakterileri etiketli kutulara koymanın bir kıymeti var mıydı? “Böyle dönemlerde laboratuvarda koca bir gün çalıştıktan sonra eve döner ve keşke bir yerlerde lise öğretmenliği yapsaydım derdim.” Ders vermekten hoşlandığı için böyle söylemediğini biliyordu ama öğretmenlik en azından “belli teminatlarla yaptığım şeyin kıymetli olduğunu düşünmemi sağlayacaktı.” Şimdi bunu bipolar rahatsızlığın bir işareti olarak görmemiz mümkündür fakat van Niel’in basitçe bakteriyel taksonomiyi büyük bir netlikle görmüş olma olasılığı da yüksekti.

Gözden geçirilmiş yazımlarıyla, bu iki isim, prokaryotlar ve ökaryotlar, bir nesil boyunca yaşamın en temel kategorileri olarak kabul edilip kutsandılar. Ökaryotların hücre çekirdekleri vardı. Prokaryotların yoktu. Stainer ve ortak yazarların kaleme aldığı gibi bu dikotomi belli ki, yaşayan dünyanın en büyük evrimsel ayrım noktasıydı. Yaratıklar proklar ve ökler şeklinde iki basit türe ayrılmaktaydı ve aralarında başka hiçbir şey yoktu.

Bunu bilinmeye değer kılan şeyse, Carl Woese’in onu çürütmüş olmasıdır.

Woese 1976'nın başlarından itibaren, Ken Luehrsens ve diğerlerinin yardımlarıyla, 30'a yakın türden aldığı numuneler üzerinde, eşsiz katalog çıkarma analizleri yapmış, ilişkilerini ölçmek için ribozomal RNA moleküllerindeki farklılıklardan yararlanmıştı. Çoğu prokaryottu fakat brüt kıyaslamalar yapma amacıyla maya gibi birkaç ökaryota da bakmıştı (bunlar ribozomlarında biraz farklı moleküller taşıyorlardı, 16S yerine 18S rRNA'ları vardı). Sırf film şeritlerindeki noktaları inceleyerek prokları öklerden ayırabiliyordu. Ayrıca Ralph Wolfe'un kendisine uyarıda bulunduğu o "tuhaf bakterileri" yani metanojenleri görmeye çok hevesliydi.

Metanojenlerdeki çetrefilli mesele, oksijen onları zehirlediği için laboratuvarda yetiştirilmelerinin çok zor olmasıydı. Fakat Wolfe'un laboratuvar ekibi içinde, Bill Balch isminde becerikli bir doktora öğrencisi vardı. Siyah lastik tıkaçlı, basınçlı alüminyum tüplerde metanojen yetiştirmenin ve şırıngalarla bunları içeri sokup çıkarmanın yolunu bularak bu sorunu çözmüştü. Balch metanojenlere, oksijen yerine hidrojen ve karbondioksitli bir atmosfer veriyor, ardından sıvı

bir büyüme ortamı sağlayıp onları yetiştiriyordu. Woese kendi post-doktora öğrencisini, eğitimini kimya mühendisliğinden almış, uzun boylu ve genç öğrencisi George Fox'u, bu metanojenlerden bazılarının yetiştirilmesi ve radyoaktif fosforla etiketlenmeleri için Balch'la çalışmaya yollamıştı. Fox, Ken Luehrsen ve Woese'in laboratuvarından diğer kişiler sürecin geri kalanını halletmek için çalışmalarını bir araya getiriyorlardı: radyoaktif RNA'nın çıkarılması, 16S ve 5S moleküllerinin konsantrasyonlarını almak için bunların arıtılması, bu moleküllerin parçalara ayrılması, parçacıkların çıkarılması için elektroforez kullanılması ve noktaların filmlere basılması. İlk metanojenlerin resmî ismi öyle uzundu ki (*Methanobacterium thermoautotrophicum*) Woese'in kendisi bile bunu "14 heceli bir hilkat garibesi" olarak görüp kenara atmıştı.⁸⁵ Ve yerine bu özel laboratuvar türünü adlandıracak daha kısa bir isim tercih etmişti: Delta H. Işıklı panosunda ilk parmak izlerini incelerken, Woese tuhaf bir şey fark etti.

Bu parmak izlerini okumaya artık öyle alışmıştı ki, tüm bakterilerde ortak olan ve prokaryotlara ait olduklarını "adeta bağırarak söyleyen" iki küçük parçacığı ânında fark edebilir olmuştu.⁸⁶ Delta H'den aldığı ilk filmde gözleri bunları aramıştı. Yoklardı. Şaşkın ama sabırlı bir tavırla, daha fazla ayrıntıya ulaşmak için parçacıkların yanlara çekildiği ikinci parmak izini bekledi. Birkaç gün sonra teknisyeninden sonucu aldı. 11 Haziran 1976'da ilk filmi tekrar ışıklı panosuna yerleştirdi. İkincisi de hemen önündeki ışıklı masadaydı. Gördüklerini yorumlama çabasına girişti. Sürecin bu aşamasında hep yaptığı gibi, ikinci filmi ilk desendeki parçacıkların baz sıralamalarını çıkarmada kılavuz olarak kullanma niyetindeydi. Pano ve masa hariç oda karanlıktı. Gözümüzde canlandırabileceğimiz gibi yüzünde tekinsiz bir parlaklık vardı. Kısa sürede daha fazla tuhaflığın olduğunu fark etti.

O iki eksik parçacık hâlâ ortada yoktu fakat durum bundan ibaret değildi. Woese gözlerini, bir başka aşına parçacığı (tüm prokaryotlarda bulunan "onlara has" bir dizilimi⁸⁷) bulma umuduyla desenin farklı bir kısmına çevirdi. Yoktu. Onun yerinde hiç var olmaması gereken tuhaf bir parçacık, uzun bir dizilim vardı. Daha sonra,

“Neler oluyor ya,” diyerek şaşırdığını hatırlamıştı.⁸⁸ Bu metanojen rRNA’sı hiç prokaryotikmiş “hissi vermiyor”du. Dahası başka parçacıkların dizilimini çıkardıkça, prokaryotiklik hissi azalıyordu. O güne dek bakterilerdeki ribozomal RNA dizilimlerine öyle hâkim hale gelmişti ki, moleküllere bakarkan duyduğu “his” ikna edici bir normallik standardı olmuştu. Ama bu özel yaratıkta yani delta H’de bir şeyler anormaldi. Evet, bazı bakteriyel parçacıklar beklendiği gibi ait oldukları yerdeydiler. Fakat bazıları ökaryotikmiş gibi görünüyor, yaşamın tümüyle farklı bir formuna işaret ediyordu: Maya mı, tek-hücreliler mi, *ne*? Daha başka şeyler de çok tuhaftı. Bu RNA *neyin* nesiydi? Merak içindeydi ve bu nasıl bir organizma türünü temsil ediyordu acaba? Prokaryot olamazdı. Ökaryot da değildi. Mars’tan gelmemişti çünkü içinde RNA kodlarına ait bir dolu tanıdık parça vardı. “Sonra kafama dank etti,” diye yazmıştı. “Orada başka bir şey” vardı.⁸⁹ Kastettiği Dünya gezegeninin yaşamla dolu ekosistemlerinde bir yerlerdi ve orada prokaryotlarla ökaryotlardan başka bir şey vardı. Ayrı, üçüncü bir yaşam formu.

Woese bunu tuhaf bir şekilde “biyoloji dışı bir deneyim” olarak adlandırıyordu.⁹⁰ Bilimsel yaşantısının dönüm noktası olacaktı.

Aralık 2012’de vefat ettikten sonra, Woese’in bilimsel yazışmaları, elyazıları, dergi makaleleri ve diğer materyallerden oluşan dosyaları endekslenmek, düzenlenmek ve korunmak üzere Illinois Üniversitesi Arşivleri’ne yollandı. Arşiv bugün birden farklı konumda bulunmakta. Bunlardan biri kampüsün güney ucuna yakın Orchard Sokağı’nda ahırını andıran, eski ve kırmızı tuğlalığı bir binada, bir tür ek yapı olarak bulunan Archives Research Center’dır.* Önündeki levha binayı, kafa karıştırıcı ama geçmişten kalma bir ifadeyle Horticulture Field Laboratory ** olarak tarif etmektedir. Girişini porsuk çalışanlarının oluşturduğu bir set ve karman çorman *hosta*’lar*** korumaktadır. İçeride rica edildiğinde erişilebilecek 34 ayrı kutuda titizce dosyalananlar Carl Woese Belgeleri’dir. Temmuz ayının sıcak bir ikinci vakti oradaki masalardanbirinde çalışırken, mektupları okuyup bu olağandışı adamın insani yönleri hakkında ipuçları ararken,

Arşiv Araştırmaları Merkezi. (Y.N.)

Bahçecilik Saha Laboratuvarı. (Y.N.)

*** Yaygın olarak yetiştirilen, gölgeye dayanıklı bir bitki türü. (Y.N.)

siyah tişörtü ve yuvarlak kepiyle John Franch geldi. Franch cenazeden sonra Woese'in laboratuvarını boşaltması için yollanan arşiv asistanıydı ve buradaki materyalleri herkesten daha iyi biliyordu. İlgilendiğimi duymuş ve bana bir şey göstermek istemişti.

Beni binanın arka tarafına, tavan kemerlerinin yüksek olduğu yere götürdü ve bir kapının kilidini açtı. Söylediğine göre bu eskiden, bahçıvanlık merkezinin Orchard* Street'e ismini vermiş araştırma meyvelğinde yetiştirilen meyvelerin (özellikle elmaların) saklandığı "mahzenler"den biriydi. Zamanında binanın arkasında 125 çeşit elma yetiştirilmekteydi ve buraya elmalar sepetler ve kasalarla saklanmak, yahut ezilip şıra ve sirke yapmak için getiriliyorlardı. Kapıdan geçince klimalı bir odaya girdik. Artık içinde elmalar yoktu fakat sol tarafına uzun metal raflar, sağ tarafınaysa masalar dizilmişti. Raflarda Woese'in RNA diziliminde çıkardığı parmak izlerinin kütüphanesini temsilen, yüzlerce büyük ve düz sarı kutu vardı (Kodak'ın orijinal medikal X ışını filmleri için yaptığı paketlerdi.) Her kutunun kenarında tarihi ve parçacıkları tarif edilmiş organizmaları belirten etiketler vardı.

Odanın karşısında bazı filmler, Franch'ın üzerinde çalışma yaptığı masalara serilmişti. Bana birlikte itinalı bir şekilde şeritlere aktarılmış üç büyük kâğıt gösterdi. Üçü parçalı bir görsel meydana getiriyorlardı. Kara noktaların oluşturduğu desenlere baktım: Düzlükte dörtlüneli koşan bir amipti. Bana göre hiçbir özel anlamı yoktu. Fakat Woese'a göre, güçlü ve etkili bir biçimde kimlikten, ilişkiden, evrimden bahsediyorlardı. Ortada tuhaf bir şey varsa kesin görürdü.

Bu delta H, dedi Franch.

Bu aydınlanma ânından hemen sonra, Woese bulduklarını metanojen yetiştirmesi için Bill Balch'la çalışmaya yolladığı post-doktora öğrencisi George Fox'la paylaştı. Fox'un daha sonra hatırlayacağı gibi, Woese "bitişik laboratuvardaki odasına daldı" ve eşsiz bir şeye rastladıklarını duyurdu.⁹¹ Oradan genç öğrencileri ve asistanlarıyla laboratuvarına geçerken, "yeni bir yaşam formu bulduğumuzu ilan ediyordu."⁹² "Ardından durup," Fox'un anımsadıklarına göre sert ama keyifli bir şekilde, "bunun elbette 16S rRNA'yı yalıtma işini tesadüfen batırmamamdan kaynaklandığını söyledi." Dikkatli olduklarından delta H'yle bütün süreci tekrar ettiler ve aynı sonuca ulaştılar. Yani Fox'un işi batırmadığı ortadaydı.

Woese daha sonra onların bu keşfe gösterdikleri tepkilerden bahsederken, "George her zaman şüpheliydi," diye yazmış ve iyi bir bilimsel sezgi olarak bu şüphecilğe değer verdiğini eklemişti.⁹³ Fox'un kimya mühendisliği alanında doktorasını alması, aydınlanmacı sıçramaları, patronu yapmış olsa bile, ampirik bir temkinle dizginlemek için onu uygun biri yapıyordu. Aslında böylesine şaşırtıcı

bir sonuca şüpheyle yaklaşma konusunda ortak bir içgüdü sergilemeleri, bu iki adamın neden birlikte iyi çalıştıklarını açıklar niteliktedir. Ancak parmak izlerindeki anomaliler Fox'u da ikna etmişti. Kendi değerlendirmesiyle "sayfayı atlamış" gibi görünüyorlardı ve bu farklılıkların üçüncü, çok farklı bir yaşam formuna işaret ettiğini kabul ediyordu.⁹⁴

Yine de Woese da Fox da, diğer biliminsanlarını böylesi çığır açıcı bir keşfe ikna etmenin zor olacağını biliyordu. Daha fazla veriye ihtiyaç vardı. Dolayısıyla Woese'in laboratuvarı Balch'ın metodolojisiyle iş başına döndü ve başka bir metanojenin yetiştirilip parmak izlerinin çıkarılmasına yardımcı oldu. Bir süre Woese ve meslektaşları çalışmalarını sessiz ve sedasız yürüttüler. 1976 yılının sonunda, beş metanojenik mikroptan beş genetik katalog daha çıkarmışlardı. Hepsi birbirinden alabildiğine farklıydı ama o güne dek var olduğu bilinen şeylerden çok daha büyük, derin ve ortak bir farklılığı paylaşılmaktaydılar.

Bakteriler çok yönlü ve türlü türlüdürler. Bu onları anlatmakta yetersiz bir ifadedir. Çok yaygındırlar. Bir yetersiz ifade daha. Nihayet Stanier ve van Niel'in bile itiraf ettiği gibi, kategorilere ayrılmaları, tanımlanmaları ve ilişkili gruplara konmaları çok zordur. Yeryüzünün büyük bir bölümüne, gerek doğal gerekse insanların inşa ettiği ortamların neredeyse tamamına yayılmış haldedirler. Havada süzülürler, her yerde yüzeylerin üzerini kaplarlar, okyanuslarda yüzerler. Hatta yeraltının derinlerindeki kayalarda bulunurlar. Öncesinde de söylediğim gibi deriniz onlarla kaplıdır. Bağırsaklarınız onlarla doludur. Belki bedeninizde sayılarıyla insan hücrelerini üçte birlik bir oranla geride bırakırlar. Bakteriler ayrıca çamurlu çukurlarda, kaplıcalarda, su birikintilerinde, çöllerde, dağların tepelerinde, maden ve mağaraların derinlerinde, sevdiğiniz restoranın masalarında ve sizin ağzınızla köpeğinizinkinde yaşarlar.

Bacillus infernus adlı türü, en az 140 milyon önce gömülmüş ve Doğu Virginia'da yerin yaklaşık iki mil altından kazılarak çıkarılmış Trias Dönemi'nden kalma silttaşının içindeki numunelerden kültür yoluyla yetiştirilmiştir. Pasifik Okyanusu'nun altında, yaklaşık 11 ki-

lometre derindeki Mariana Çukuru'nda da canlı bakterilerin ürediği tortular vardır. Antarktika'da Whillans Buzulaltı Gölü olarak bilinen, yarım mil kalınlığında buzla kaplanmış ve sıfırın hemen altındaki ısıyla çok soğuk olan su kütlesi sağlam bir bakteri topluluğunu barındırmaktadır. Orada karanlıkta ve soğukta, ezilmiş kayaların sülfür ve demir bileşenlerini yiyerek üremektedirler.

Keza bazıları sıcaklığı sever. Bunlara termofil* denir. Termofilik bakteriler arasında en meşhuru, ilk kez mikrobiyolog Thomas Brock ile öğrencisi Hudson Freeze'in 1966'da Yellowstone National Park'tan aldıkları numuneden ürettikleri *Thermus aquaticus*'tur. Brock ve Freeze onu, Yellowstone'un Norris Geyser Basını'nda, yaklaşık 69 derece sıcaklığında buharı tüten ve Mushroom Spring** olarak bilinen çok renkli havuzda bulmuşlardı. Bu ısıda fonksiyonlarını sürdüren *Thermus aquaticus* içinde DNA'sını kopyalamak için özel bir enzim barındırır. Yüksek sıcaklıklarda gayet iyi çalışan bu enzim, DNA'nın güçlendirilmesinde kullanılan polimeraz zincirleme reaksiyon tekniğinin temel unsuru olmuştur. Genetik araştırmaların ve biyoteknoloji mühendisliğinin birçok alanında yaygın kullanım alanı olan bu teknik, onu geliştiren esas isme (Thomas Brock'a değil) Nobel Ödülü kazandırmıştır.

Sıcaklığı seven diğer bakteriler denizlerin tabanındaki hidrotermal ağızlarda bulunabilir. Besin zincirlerine dayanak oluşturdukları bu yerlerde, sıcak suyla birlikte dışarıya boşalmış sülfür bileşenlerini kullanarak kendi organik materyallerini üretirler ve küçük kabuklularla diğer hayvanlara besin olurlar. Bu ağızların etrafında salınan o şatafatlı kırmızı yaratıklardan biri, ağzı ve sindirim sistemi olmayan dev tüp solucanı besin kaynağını dokularında büyüyen bakterilerden alır.

Bir tahmine göre bakterilerin toplam kütlesi yeryüzündeki tüm bitki ve hayvanların toplam kütlesini geçmektedir. En az üç buçuk milyar yıldır şu veya başka formuyla burada olup, diğer canlı yaratıklardan çoğunun evrimlerine damga vurmuş biyokimyasal koşullara güçlü etkiler bırakmaktadırlar. Bakterileri göremememizin sebebi,

basitçe gözlerimizin uygun ölçeğe ayarlanmamış olmasıdır. Ortalama bir ons toprakta bir milyardan fazla, bir çay kaşığı tatlı suda beş milyar bakteri olabilir. Yine de ne çitirtılarını ne de fişirtılarını duyabiliriz. Denizde yaşayan bakteriler içinde, *Prochlorococcus marinus* ismiyle bilinen, dünyanın tropik okyanuslarını serbestçe dolaşıp bitkiler gibi fotosentez yapan bir tür yeryüzünün en kalabalık yarattığı olabilir. Bir kaynak mevcut nüfuslarını üç oktyon olarak vermektedir. Bu rakamı yazacak olursak şöyle bir tablo ortaya çıkmaktadır: 3.000.000.000.000.000.000.000.000.

Şekilleri ve boyutları farklılık gösterir. Şekillerindeki farklılıklar ilginç, boyutlarındakilerse çarpıcıdır. Ortalama bir bakteri hücresi, bir hayvan hücresinden yaklaşık on kat büyüktür. Yelpazenin üst ucunda *Thiomargarita namibiensis* bulunmaktadır. Namibya yakınlarında deniz tabanında keşfedilen bu tuhaf şeyin hücre çapları, bir milimetrenin dörtte üçüne varacak kadar şişmektedir. İçi sedefsi sülfür yuvarlarıyla doludur. Yelpazenin alt ucunda ise ufak genomlu olan ve hücre duvarı olmayan, buna rağmen insan hücrelerine sızıp ürogenital enfeksiyonlara yol açabilen *Mycoplasma hominis* adlı ufak tefek bir bakteri vardır.

Bakterilerin biçimleri öncesinde bahsettiğim gibi, çubuklardan kürelere, ipliklerden spirallere uzanan bir yelpazede olup bazı örneklerde hareket etmek veya penetrasyon için geliştirilmiş adaptasyonlara işaret eden çeşitlilikler vardır. Ferdinand Cohn'un gayretlerine ve kanaatlerine rağmen, filogenilerini* anlamak için geometrilerinin kılavuz olarak alınamayacağı ortadadır. Şekilleri uyarlanabilir ama adaptasyonlar yakınsayan tarzda olabileceği gibi atadan da kalabilir. Yuvarlaklık kuruma durumundan koruyan bir siper olarak iyi olabilir. Bir çubuk veya iplik olarak uzaması yüzmede yardımcı oluyor gibidir ve flagellalarda durum kesinlikle böyledir. Çapraz kesitleri yıldız şeklinde olan, yakın zamanda Güney Afrika'daki platin madenlerinden birinin derinliklerinde, harikulade ismiyle "maden balçığı" denen bir maddenin içinde keşfedilen ipliksi bakteri, besince yoksun ortamlarda emilim gücünü artırarak yüzeydeki alanların tamamından yarar-

lanabilmektedir.⁹⁵ Sifilis ve Lyme hastalıklarına* yol açan spiroketlerin bükülerek hareket etmeleri, açıkça diğer bakterilerin geçemeyeceği engelleri kıvrılarak aşmalarını sağlamaktadır. Örneğin bu yolla insan organlarının duvarlarını, mukoza zarlarını ve dolaşım sistemi-mizle merkezî sinir sistemimiz arasındaki engelleri aşıp ciddi bir erişim imkânına kavuşmaktadırlar. Şekilsel anlamda dinamizmleri zayıf, basil gibi kısa çubuklular, koksi gibi küreler, virgüller gibi biraz yana eğimli çubuklar bile, gayet etkin bir şekilde, uzun bir hastalık listesinden sorumlu bakterilere hizmet etmektedirler: şarbon, pnömoni, kolera, dizanteri, kanlı idrar, gözkapağı iltihabı, streptokok boğaz ağrısı, kızıl hastalığı, akneler ve diğer birçok şey.

Birçok bakteri yalnız birer hücre olarak bağımsız bir şekilde risk alır ve ihtiyaçlarını karşılarken, diğerleri çiftler, kümeler, küçük sürüler, zincirler ve koloniler halinde yaşar. Gonokoksiye** sebep olan *Neisseria gonorrhoeae*'nin kokoid hücreleri, ikili gruplar halinde birleşip kahve çekirdeklerini andıran iki loblu birimler oluşturur. *Staphylococcus* türü ismini Yunanca “granül” (*kokkos*, küremsi unsur) ve “bir salkım üzüm” (*staphyle*) anlamına gelen sözcüklerden alır çünkü stafil hücreleri salkımlar halinde toplanma eğilimindedirler. 40 stafil türünün çoğu zararsızdır ama *Staphylococcus aureus* cilt enfeksiyonlarına, sinüs enfeksiyonlarına, yaralarda enfeksiyonlara, kan enfeksiyonlarına, menenjitte, toksik şok sendromuna ve daha birçok kötü duruma yol açabilir. Hele bu küçük salkımların yatay gen transferinin korkunç ürünlerinden (daha önce bahsetmiştim ve ileride tekrar döneceğim) MRSA gibi antibiyotiğe dirençli formlarından bir doz alma talihsizliğini yaşıyorsanız, acılarla dolu bir yaşama düşebilirsiniz. İmpetigo ve ateşli romatizmaya yol açanlar da dahil olmak üzere *Streptococcus* türlerinin hücreleri, aynı kolyeye dizilmiş boncuklar gibi bir arada bulunurlar.

Bakteriler ayrıca belli yüzeylerde (deniz tabanındaki kayalarda, bir akvaryumun cam duvarında, yeni yapay kalçanızın metal bilyesinde) inatçı, karmaşık filmler oluşturabilirler. Bu yerlerde el ele ve-

Sırasıyla: Sifilis; frengi. Lyme; kene ya da kan emici bir böcek yoluyla taşınan dört ana bakteriden birinin (*Borrelia bacterium*) enfeksiyonu sonucunda oluşan hastalık. (Y.N.) Belsoğukluğu. (Ç.N.)

rip kolektif bir şekilde beslenmelerine yardımcı olacak, sümüksü hücre dışı bir madde salgılayabilir, küçük ortamlarının istikrarını koruyabilir, kendi aralarında bir tür iletişim matrisi yaratabilir ve antibiyotiklerden bile korunabilirler. Biyofilm olarak bilinen bu canlı hilebazlar, kâğıt mendilden ince veya sağlam bir kar yığınının daha kalın olabilirler. Dahası birden fazla türün içine girebilirler. *Acinetobacter baumannii*'nin küçük çubukları, hastanelerde temiz gibi görünen ve kuru yüzeylerde kalıcı biyofilmler bırakma yetenekleriyle kötü bir şöhrete sahiptirler.

İçlerinde muazzam bolluklarıyla *Prochloroccus*'ların da olduğu siyanobakteriler, ışığı enerjiye dönüştürürler ve yan ürün olarak yer-yüzü'deki serbest atmosferinde gezinen oksijenin büyük bir kısmını üretirler. Mor bakteriler de fotosentez yaparlar fakat bu süreçte yakıt olarak su kullanmak yerine sülfür veya hidrojenden yararlanarak yaparlar. Ayrıca oksijen üretmezler. Kayaları yiyen, enerjilerini demir, sülfür ve diğer inorganik bileşenlerden alan litotropik bakterilerin, bilmek isteyeceğinizden çok daha usta türleri vardır. Japon araştırmacılar yakın zamanda plastiği öğüten *Ideonella sakaiensis* isimli yeni bir bakteri keşfetmiştir. *Marinobacter salarius* gibi girişimci bir okyanus bakterisi, Deepwater Horizon petrol sızıntısının bıraktığı hidrokarbonları çözmek gibi zor bir işin üstesinden gelmiştir. Çubuk veya küre şeklinde olabilen laktik asit bakterisi süt ürünlerinde oluşur, karbonhidrat fermentasyonu gibi bir görevle meşguldür ve yarattığı aside dirençlidir. Çoğu birayı da sever.

Carl Woese 1977'de ilk birkaç metanojeninden parmak izleri alıp bunları incelerken bu özel bakterilerin hiçbiri bilinmiyordu. Fakat bakterilerin sınırsız bir kapsama sahip olduğu, her yere yayıldıkları ve devasa çeşitlilikleri kesinlikle bilinen şeylerdi. Bakteriyoloji alanı klasik eğitimini van Niel ve diğerlerinin yanında almış Ralph Wolfe için çok daha iyi bilinen bir sahaydı. Woese'ın kendi bulgularına verdiği tepki o dönemde çok daha radikal ve şoke edici gelmişti muhakkak. Çünkü ilk metanojeni delta H'nin rRNA analizini tekrarladıktan hemen sonra, bunları sadece George Fox'la ve kendi laboratuvarında çalışanlarla değil Wolfe'la da paylaşmıştı. Wolfe anılarında şöyle yazıyordu: "Carl bana 'Wolfe, bunlar bakteri bile değil,' dediğinde kendi sesine bile inanamıyordu."⁶

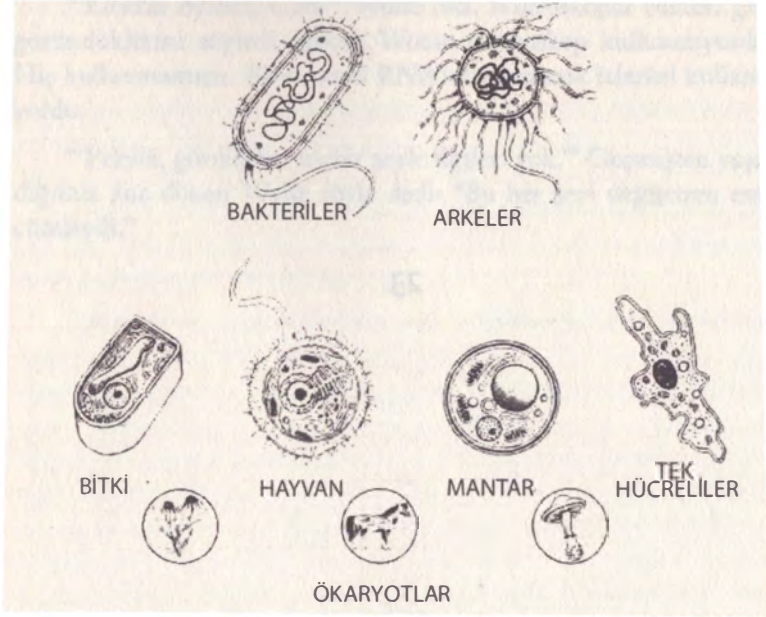
Ralphe Wolfe, 39 yıl sonra Urbana'da yanına gittiğimde biraz daha ayrıntılı bir şekilde bana aynı hikâyeyi anlattı. Artık 93 yaşında, mikrobiyoloji alanının onursal profesörlerinden biriydi. Hayat dolu gülümseyişiyle zayıf ve uzun bir centilmendi. Emeklilik yeterince tatminkâr bir seçenek olmamış ki hâlâ bir ofisi vardı ve gidip gelmeye devam ediyordu. Masasının arkasındaki duvara, Alessandro Volta'nın *pistola*'sının replikası asılıydı. Bu 1770'li yılların sonlarında Volta'nın metan gibi bataklık gazlarının tutuşma özelliklerini test etmek için icat ettiği tabancaları andıran bir aletti. Masanın üzerindeyse kâğıtlar, kitaplar ve bir bilgisayar vardı.

Woese'in laboratuvarı o dönemde Güney Goodwin Sokağı'ndaki Morrill Hall'da bulunuyordu ve Wolfe'un ki onun yanındaki binadaydı. Bir yürüyüş yoluyla birbirine bağlıydılar. Woese ara ara çeşitli işler üzerinde dönüp duruyordu. "Binadan çıkıp beni görmeye geldi," diye anımsıyordu Wolfe. "Ve 'Wolfe, bunlar bakteri bile değil,' dedi." Wolfe kibarca güldü ve benim için sahneyi yeniden canlandırmaya devam etti.

“Elbette öyleler, Carl.” Wolfe ona, mikroskopta bakteri gibi göründüklerini söyledi. Ancak Woese mikroskop kullanmıyordu. Hiç kullanmamıştı. Ribozomal RNA’ların parmak izlerini kullanıyordu.

“Pekâlâ, gördüğüm hiçbir şeyle ilgileri yok.” Geçmişten yaşadığımız âna dönen Wolfe şöyle dedi: “Bu her şeyi değiştiren esas cümleydi.”

Woese o olayları anılarında, “Adeta hızlı ileri sarma moduna girmiştik,” diye hatırlıyordu.” 1976 yılının sonunda ekibi parmak izlerini çıkarmış ve beş ayrı metanojenin daha kataloğunu yapmıştı. Daha fazlası da yoldaydı. Ve elbette, diye yazdı, yeni kataloglardan hiçbir prokaryotik değildi; bakterileri ve sadece bakterileri kasteden bu terimin genel geçer anlamıyla. Hiçbir organizma ökaryotik de değildi. Ama “hepsi aynı türdendi!” – üçüncü bir türe, başka bir şeye, kuraldışı, o âna dek varlığından şüphe dahi edilmemiş bir türe aitlerdi. Woese eşsiz olduklarını kabul etmek ve onları gruplandırmak için yeni bir yaşam krallığının varlığını ilan etme –yeni bir isim yaratma, devasa bir yeni kategori oluşturma– ihtiyacı üzerine düşünmeye başladı. Gerçekten de yeni bir krallık değildi elbette. Yaşam formları içinde yeni *keşfedilmiş* bir doğal gruplamaydı. Uzun süre ayrı bir noktada varlığını sürdürmüş, fark edilmemiş bir gruptu ve bunu insanların tercih ettiği eğilimlere göre “krallık” olarak da *ur-kingdom** olarak da “âlem” olarak da adlandırılmaları mümkündü.



Üç âlem ve (ökaryotlar içinde) dört hücre tipiyle dört krallık.

Woese hâlâ duyurulmamış olan bu keşfin, “evrim teorisini kestimci anlamda ciddi bir teste sokmak gibi nadir bir fırsat” sunduğuna inanıyordu.⁹⁸ Kastettiği şey, diğerlerinin karşısında konumlandığı şekliyle Darwin’in evrim teorisiydi. Yani çok uzun süreye yayılan zaman aralıklarında belli derecede rasgele çeşitlenmenin yaşandığını kalıtsal süreklilikle birlikte kabul eden ve adaptasyonla farklılaşmaya kaynaklık eden bu çeşitlenmenin şeklini esas olarak doğal seçimle açıklayan teori.

Woese’in ön bulguları doğruysa, bu sonuçların ileride kabaca hangi verilerin ve keşiflerin ortaya çıkacağını tahmin etmede kılavuz işlevi görmesi gerektiğini belirtiyordu. 16S rRNA’nın seçili çeşitlenmeleri asgari sayıda olduğu için çok ağır işleyen bir moleküler saatin temsilcisi olduğu önermesinden hareketle, bu yeni bulunan krallığın çok eski bir ayrımın temsilcisi olması gerektiğini çıkarmış-

tı. Çok eski bir ayrım olmalıydı – belki kökeni üç buçuk milyar yıl önce hücreli yaşamın başladığı âna yakın bir yerdi. Artık bunun sınırlarını ve özelliklerini çıkarmaya çalışacaktı. Ekibiyle birlikte üyeleri arasına daha fazla mikrobu kattıkça –her biri RNA parçacıklarından oluşan kataloglarıyla bilinecek metanojenlerin ve belki başka yaratıkların sayısı arttıkça– Woese iki şeyin olmasını umuyordu: Bu isimsiz krallığın, yaşayan dünyanın geri kalanından çarpıcı bir biçimde ayrı kalacağını ve buna rağmen içinde büyük bir çeşitliliği barındıracağını. “Bu iki ana evrimsel tahmini test etmek, o noktadan sonra çalışmamızın temel itici gücü oldu,” diye yazıyordu.”

Ağustosta ekip, Emile Zuckerkandl’ın editör olarak katkıda bulunmayı sürdürdüğü *Journal of Molecular Evolution*’da gelecek gelişmelerin ipuçlarını veren, titizlikle sınırlanmış bir makale yayımladı. Konuyla yayımlanan mecra arasında mantıksal bir eşleşme vardı çünkü Zuckerkandl, geçmişte Linus Pauling’in yardımcısı olarak, Carl Woese’in o an çarpıcı bir biçimde kullanıma soktuğu şu önermenin ifade edilmesine büyük katkı yapmıştı: Soyaların dallara ayrılması “ilkel açıdan sadece moleküler bilgiler üzerinden tanımlanabilir olmalı”dır.¹⁰⁰ Bu örnekte söz konusu moleküler bilgi, Woese’in ekibinin özelliklerini çıkardığı ilk iki metanojenden gelen ribozomal RNA dizilimlerine aitti. Bu metanojenlerden biri, üniversitenin Süt İşleme Bilimi Bölümü’yle yakın temas kurulup bağış olarak alınmış işkembe sıvısından (ineklerin karnından alınan) yalıtılmış bir *M. ruminantium* türüydü. Diğerisi ise yüksek sıcaklıklarda yaşaması ve hidrojeni metabolize etmesiyle bilinen, 14 heceli canavar *M. thermotrophicum*’un delta H gibi kullanışlı bir takma ismiyle adlandırılan türüydü. Ralph Wolfe’a bu egzotik yaratığın, yani delta H’nin ilk numunelerini nereden aldıklarını sordum.

“Burada lağımdan alınıp izole edildi.” Daha net bir ifadeyle, lağım pisliğini çürütüp ayrıştıran bir aletten yararlanmıştı.

“Urbana’da mı?”

“Evet.”

Bu ihtiyatlı makalenin ilk yazarı, Wolfe’un lisans öğrencisi olan Bill Balch’tı ve metanojenleri yetiştirip etiketlemelerini sağlamış ka-

paklı tüp tekniğini geliştirmesi sayesinde ilk yazarlık unvanını hak etmişti. Wolfe bana şöyle dedi: “Bu teknik sayesinde artık bu deneyleri Carl’la yapabilir olmuştuk. Her şey kapakla mühürlendiğinden P-32’yi kültürlerin içine enjekte edebiliyordunuz.” P-32’nin radyoaktif fosfor olduğunu hatırlayın. “Önceki tekniklerde sürekli tıkaçı açıp dışarı akıtmak zorunda kalıyordunuz ve bunu bu şekilde yapmak radyoaktif bir kâbus oluyordu.” Balch’ın sistemi, şırıngayla P-32’nin siyah lastik tıkaçın içinden enjekte edilmesini mümkün kılıyordu. Balch mikropları yetiştiriyor, George Fox RNA’yı çıkarıyor ve Woese’in o dönem güvendiği laboratuvar teknisyeni, Linda Magrum isimli genç bir kadın (kendisinden evvelki Linda’nın yanı sıra Linda Bonen’in yerini almıştı) Woese’in analiz etmesi için parmak izleriyle dolu filmleri hazırlıyordu. Bu üçünün yanı sıra Ralph Wolfe’un kendisi de makalenin eşyazarları olarak eklenmişti. Woese’in ismiyse, onun kıdemli yazar olarak oynadığı rolü yansıtan bir şekilde en son sırada geliyordu. Bu makale metodolojiyi tarif etmenin dışında, iki metanojenin “tipik” bakteriler gibi görünmediğini kuru bir ifadeyle belirtiyordu.¹⁰¹ Farklılığın “şimdiye dek hiç keşfedilmemiş olan çok eski bir filogenetik hadise”yi yansıtmaya ihtimalinden bahsediyordu.¹⁰² Bu büyük iddia neredeyse fark etmeden üzerinden geçilecek muğlaklıkta bir ifadeyle aktarılmaktaydı.

Ekim ayında ekip ikinci makalelerini, çok daha geniş kapsamlı bir dergide, *Proceedings of the National Academy of Sciences*’ta (PNAS olarak bilinmektedir) yayımladı. Bu sefer ilk yazar George Fox’tu ve verilerin içinde on metanojen türü bulunuyordu. Her biri diğer dokuzuyla ve yazarların hâlâ temkinli bir dille “tipik bakteriler” diye tanımladıkları üç türle aralarındaki benzerlikler üzerinden değerlendirilmişti. Fox bir mikroba ait kataloğun başka mikropların kataloglarıyla karşılaştırılmasını sağlayan ve ortaya benzerlik derecesini gösteren ondalık bir sayı –katsayı– çıkaran basit bir ölçüm sistemi yaratmıştı. Bu 13 mikrobun her birini geri kalanlarla kıyaslamak, hangisinin hangisiyle yakın benzerlikler taşıdığını gösteren genel bir tablo çıkarmaktaydı. Veriler dikdörtgen bir tabloda düzenlenebiliyordu. İsimleri, aynı bir şehir listesi içinde farklı farklı kentler arasındaki mesafelerin eşleştirilerek yazıldığı çizelgelerde olduğu gibi, hem sol kenara hem de en tepeye yazılmış, eşleşme noktalarına

da sayılar konmuştu. Fakat bu örnekte sayılar mesafeyi değil, benzerlik katsayısını göstermekteydi. Bu sayılardan ve benzerliğin ilişkisi yansıttığını söyleyen önermeden hareketle Fox, belli başlı soylar arasındaki farklılaşma düğümlerini gösteren ve her organizmanın bir dalla ifade edildiği bir dendogram oluşturmuştu. Bu dendogramı dikey değil de –aynı NCAA basketbol turnuvalarının grup dağılımları gibi– yatay bastıkları için aslında bir ağacı andırmaktaydı: Carl Woese’ın çağındaki yeni yaşam ağaçlarının ilkiydi bu. Nitekim daha fazlası da gelecekti.

Bu ağaç “tipik bakteriler”in büyük kollardan birini işgal ettiğini gösteriyordu. On metanojenin hepsi ikinci büyük daldan ayrı bir kolla ayrılmaktaydılar. Makalede şöyle deniyordu: “Bu organizmalar tipik bakterilerle sadece uzaktan akrabaymış gibi görünmektedirler.”¹⁰³ Yine beş yazarın beşi de düşündüklerinden azını söylüyordu. “Tipik bakteri” ibaresi yakında ortadan kalkacak geçici bir hassasiyetti.

Üçüncü makale, içlerinde en cesur ve çarpıcı olanı bir ay sonra sadece Woese ve Fox’un adıyla *PNAS*’ta yayımlandı. Başlığı niyetini sadece çok dolaylı bir şekilde sezdiriyordu: Yaşamın “birincil krallıkları”nı yeniden organize etmek. Bir kez daha Fox’un benzerlik katsayılarını kullanarak metanojenleri birbirleriyle ve “tipik bakteriler”le karşılaştırmış, bununla kalmayıp hepsini tek tek almış ve bitkilerle mantarları da içine alan bazı ökaryotik organizmalarla kıyaslamışlardı. Vardığı sonuç radikaldi: Yaşam ağacında iki değil üç temel kol vardır. Stanier ve van Niel’in önermiş olduğu, biyolojide genel geçer kabul gören prokaryot-ökaryot dikotomisi geçersizdi. “Üçüncü bir krallık var,” diye yazıyorlardı Woese ile Fox.¹⁰⁴ Dahası içine metanojenleri de alıyordu ve belki sadece onlarla da sınırlı değildi. Bakteri olmadıkları gibi ökaryot da olmadıklarını açıklıyorlardı. Ayrı bir yaşam formuydu.

İki yazar krallıklarına belirsiz ve deneysel bir isim vermişlerdi: Arkeobakteriler. *Arkeo* arkaik yapılarına işaret etmesiyle yerinde bir ifadeymiş gibi görünüyordu çünkü metanojenler çok eskidi ve metabolizmalarının yaklaşık dört milyar yıl önce, henüz oksijen zengini atmosfer açığa çıkmadan önce yeryüzündeki ortama uyum sağlamış

olma ihtimali yüksekti. Woese aynı noktaya *Washington Post*'la yaptığı bir röportajda da parmak basmıştı. “Bu organizmalar hidrojen ve karbondioksitten oluşan bir atmosferi seviyorlar,”¹⁰⁵ diyordu (veya sözlerinin aktarıldığı şekliyle en azından böyleydi). “Aynı yeryüzünün ilkel dönemlerde sahip olduğu düşünülen hali gibi,” diyor ve ekliyordu: “Oksijenin olmadığı ve çok sıcak olduğu dönemler.” Fakat bu bileşik ismin diğer yarısı yani arkeobakteriler, keşfin merkezî noktasını genelde bulanıklaştırmaktaydı. Yani Woese’a Wolfe’a ilan ettiği gibi, bu şeyler yaşamın bakteriyel formları dahi değillerdi. Çok farklıydılar. Wolfe’un kendisi bile Woese’a *arkeobakterilerin* korkunç bir tercih olduğunu söylemişti. Eğer bakteri değillerse neden bu sözcüğü kullanmaya devam etsinlerdi ki? Bu geçici ismin çok daha iyi bir isme yerini bırakması ve kendi başına şöyle yeterli bir ada kavuşması için yaklaşık 12 yıl geçecekti: Arke.

Carl Woese'in anısına düzenlenen sempozyumun açılış oturumundan sonra Urbana'daki kampüsün yanındaki alelade pizzacıardan birinde oturduğumuz ve alelade küçük bir pizzayı yiyişini izlediğim gün George Fox artık uzun, genç bir adam değildi. Fox basit, sıradan yemekler tercih eden, kendi pizzamda pepperoni ve mantar istediğinde benim yerime mahcup olan bir adamdı. 69 yaşında, laboratuvarlarda ve sınıflarda harcanmış bir ömrün bedenini ve narin gıdısını taşıyordu. Tel çerçeveli gözlükler, 1970'li yıllardaki fotoğraflarda gördüğüm siyah kemik çerçeveli gözlüklerin yerini almıştı ve kahverengi saçları şakaklarından ağarmıştı. Fakat masmavi gözleri Woese'la geçirdiği günleri ve yılları hatırlarken hâlâ ısıltıyla parlıyordu. Şimdi Houston Üniversitesi'nde profesör olan Fox buraya, Carl R. Woese Institute for Genomic Biology'nin (ismi Illinois Üniversitesi'nde Woese'in saygın bir markaya dönüştüğünü göstermekti) düzenlediği Woese toplantısı için uçakla gelmişti. Fox davetli konuşmacılardan biriydi.

Akademik kariyerinin tamamını üç kurumda geçirmişti: yaklaşık 30 yıl boyunca Houston; öncesinde Woese'la post-doktorasını

yaptığı Illinois ve ondan önce lisansıyla doktora öğretimini aldığı Syracuse Üniversitesi. Fox'un Urbana'ya gelmesine vesile olmuş koşullar, Woese'in büyüdüğü Syracuse'ta gerçekleşen bir tesadüfün sonucuydu. Orada üniversitedeyken Fox, Theta Tau adlı profesyonel bir mühendislik cemiyetinin parçasıydı. Carl Woese'in babası –onun da ismi Carl Woese'da– bu cemiyetin kurucularından biriydi ve bundan ötürü Fox'un bu ismi bilmesi gerekiyordu. İlgişi kimya mühendisliğinden teorik biyolojiye kayınca, oğul Carl Woese'in ilk çalışmalarından bazıları dikkatini çekti ve merak uyandırdı. Özellikle makalelerden biri, Woese'in “mandallı” diye tarif ettiği,¹⁰⁶ ribozomlar tarafından yapılan protein üretimine ait bir mekanizmayı anlatıyordu. 1970'te yayımlanan bu makale riskli bir önerme, çok çılgınca ve ilginç bir fikir barındırmaktaydı (daha sonra ayrıntılarının hatalı olduğu kanıtlandı). Kısaca Fox post-doktora bursu için bu mandallı adama ricada bulunmuştu ve Woese'da bu Syracuse bağlantısını kurmanın bir işareti olarak görmüştü. Elbette elinden her iş gelen esas mezun öğrencisi Mitch Sogin ayrıldığı için doldurması gereken bir pozisyon vardı ve bu pozisyonu Fox'a teklif etti.

“Maaşı konuşmamıştık,” dedi Fox pizzasının ve kolasının başında. “Bana pozisyon teklifi yaptığı bir mektup hiç yollamadı. Her şey sözlüydü.” Bu teminatla Fox evlendi ve o güz eşiyile birlikte Urbana'ya geldi. Hiç kimseye duyurmadan gelen Fox, laboratuvar kapısının önünde bir adamla karşılaşmıştı. Kot pantolonu ve sönük tişörtüyle itici bir tipi olan bu adam elinde bir dolu anahtarın olduğu bir zincir tutuyordu. “Lanet bir kapıcıya benziyordu.” Fox ismini söylemiş ve içeriye sokması için onu ikna etmeye hazırlanmıştı. “Hadi ya! Hoş geldin!” Karşısındaki Woese'di.

“Beni ofisine oturttu...” Fox durakladı. “Bir parça kâğıdın var mı?” diye sordu bana. Not defterimden aldığı sarı bir kâğıda laboratuvarın planını çizmeye başladı. Uzun bir dikdörtgen çizip bunu parçalara ayırdı. Söylediğine göre üç büyük oda vardı ve ortada bulunan odada genelde Carl'ın çalıştığı ışıklı masa vardı. Linda Magrum ve Ken Luehrsen ise soldaki odadaydılar. Merkezdeki odanın sağ tarafında, Carl'ın küçük şahsi ofisi ve elektroforez odası bulunuyordu. Radyasyon odası ve karanlık oda koridorun karşısındaydı

ve arkalarından içindeki dolaplardan güçbela büyük üç adımlık boşluğuyla depo geliyordu. Woese Fox'a kapısını sürekli açık tuttuğu kendi ofisinde bir masa vermişti. Fox'un deyişiyle, "Bu sayede beni hep görebiliyordu." Fox, genç Luehrsen gibi gözüktüyordu ama post-doktora öğrencisi olduğu için denetim daha sıkıydı.

İlk başta Woese ona, laboratuvarın işleyiş hızına yetişmesini sağlamak adına ribozomal RNA molekülleri içinde en kısa olan ve az bilgi taşıyan 5S rRNA'ların dizilimlerini toplama görevi vermişti. Bu proje bazı beklenmedik sonuçlar üretmiş, Woese'ı Fox'tan bir deneyci yaratma çabasına yöneltmişti. Fakat bu onun esas uzmanlık alanı değildi ve bunun farkındaydı. Bir anlamda "teorik işler"le uğraşmak, Woese'ın bizzat yapmakta olduğu gibi moleküler verilerin derin evrimsel analizlerini çıkarmak (şimdi buna biyoenformatik denmektedir) istiyordu. Kodları okuyup üç milyar yıl öncesine ve daha gerilere uzanan sonuçlar çıkarmak istiyordu. Diğer yanda Woese ise ondan veri üretmesini istemekteydi. "Büyük baskı altındaydım," diye hatırlıyordu Fox. Woese'ın beklentileriyle kendi ilgi odakları ve becerilerinin çarpışmasından türeyen bir baskıydı bu. "Her gün yapmam gereken şey yeni bir fikirle çıkagelmekti, böylece dizilim kıyaslama projesinde çalışmama izin vermeyi sürdürecekti." Bu imkânsız standardı tutturmakta başarısız olduğundan, laboratuvara geri yol lanmakta, sıcak hücreler yetiştirip içlerindeki ribozomal RNA'ları çıkarma göreviyle baş başa bırakılmaktaydı. Fakat Fox, Woese'a bir düşünür olarak sahip olduğu değeri ara ara göstermeye devam etti. Yavaş yavaş kendisini kanıtladı. Sadece dizilimleri kıyaslama işinde yetkinliğe kavuşmakla kalmamış, kendisini Woese'ın güvenilir bir ortağına dönüştürecek, 1977'de yaşamın üçüncü krallığını ilan eden makalelerinin eşyazarı olacak kadar geliştirmişti.

George Fox’la pizza yemeden birkaç ay önce, bu ilan**ın** bilimsel topluluklar tarafından nasıl karşılandığına duyduğum merakla Ralph Wolfe’a sorular sordum. “Felaketti,” diye cevapladı Wolfe kibar bir şekilde. Ardından arkadaşça bir sempatiyle, Woese’in üçüncü krallığın varlığını duyurmasının (Woese’in yaptığı iddianın içeriği ve bunu yapış şeklinin) birçok akranı tarafından uygunsuz bir şey olarak karşılandığını açıkladı. Sorunun düğüm noktası bir basın duyurusuydu.

Woese’in laboratuvarı* National Science Foundation and the National Aeronautics and Space Administration tarafından desteklenmekteydi. İkincisinin eksobiyoloji programının kapsamı altındaydı (bu bölüm dünya dışında canlı bulunması halinde bunların biyolojik yapılarının incelenmesine adanmıştı). Muhtemelen sebebi bağışta bulunan idarecilerin, evrimin başlangıcıyla ilgili yaptığı araştırmaların diğer gezegenlerde yaşamın aydınlatılmasına yar-

dımcı olabileceğini düşünmeleri idi. *PNAS*'a yollanan ve metanojenlerin bakteri olmadığını söyleyen ilk yazı dizisi yayımlanmaya hazırlanırken, Woese federal kurumların teklifine razı olmuş ve makalenin kasım sayısında çıkıp kendisini anlatmasına izin vermek yerine –nitekim o günlerde bilimde geleneksel olarak yapılan buydu–, bulgularının Washington'da yapılacak bir kamuoyu demeciyle duyurulmasına izin vermişti. Çalışmayla yakından bağlantısı olmasına rağmen Ralph Wolfe'un bundan hiç haberi olmamıştı. Ta ki bir gün ortak bir tanıdıkları basın duyurusunun ertesi gün çıkacağını ağzından kaçırınca dek. Wolfe, “Ne duyurusu?” diye sormuştu.

Bakla ağızdan kaçmıştı. İncitici ve nezaketten uzak bir durumdu. Wolfe'un bana söylediği şöyleydi: “Birkaç dakika sonra, Carl ofisinde açıklama yapıyordu.”

Wolfe bunları hatırlarken hiçbir öfke emaresi göstermiyordu. İnsani komediler çeşit çeşittir ve her zaman da komik değildir. Woese'in hatası dostlar arası iletişim eksikliğinden ibaretti. Çok takdir ettiği bir meslektaşının yanlış adım atmasından ibaretti. Neyin yanlış gittiğini anlamak için, Woese'in yıllar evvel maruz kaldığı bir hakarete, uzun süre içinde taşıdığı bir yaraya bakmak gerek. “Paris'te bir makale sunmuştu,” diye anlatıyordu Wolfe. Mandal modeli üzerine yazdığı makaleydi. Sonrasında George Fox'un ilgisini çekecek zekice ama hatalı fikrin ta kendisiydi yani. Woese bir beyin fırtınası yürütmüş (ribozomların üretici proteinlerde nasıl çalıştığını anlatmaya dönük kavramsal bir konseptti) ve adına Pistonlu Mandal Mekanizması adını vermişti. Bu mekanizmayla RNA ribozom yapısı üzerinden işliyor, aminoasitleri protein zincirine ekliyordu. Bir çentik ileri atıyor, ardından tekrar yüklüyor, sonra ileriye bir çentik daha atıyordu ama asla geriye gitmiyordu.

“Buna dair hiçbir kanıt sunmamıştı,” diyordu Wolfe. “Bunu sadece bir konsept olarak sunmuştu.” Paris'teki toplantıya katılanların arasında muhtemelen, diğerlerine kıyasla daha iyi tanıdığı Jacques Monod, François Jacob ve Francis Crick gibi önde gelenler vardı. Wolfe'un anlattıkları şöyleydi: “Öğle yemeğinden önceki son makaleydi ve kimse soru sormamıştı. Hepsi ayağa kalkıp salondan çıktı ve yemeğe gittiler. Ve bu Carl'ı incitti. Adeta ölümcül bir yaraydı. Bu

biliminsanların davranışları onu çok gücendirmişti. Bana, ‘Gelecek sefer beni göz ardı edemeyecekler,’ demişti. Basına bildiri vermesinin altındaki düşünce işte buydu.”

Basın duyurusu, muhtemelen derginin yayın tarihine konmuş bir ambargoyla Washington’dan yapıldı. 2 Kasım 1977’de üçüncü krallık herkes için açık bir konuya dönüştü. Ertesi gün *Times*’tan gelen bir gazeteci bu ikazdan ve Woese’la ofisinde geçirdiği üç saatten hareketle bu öyküyü birinci sayfada yayımladı. Üzerinde önceden bahsettiğim (Woese’ı Adidas’larıyla dağınık masasında resmeden) fotoğraf ve eski çağlara ait temaya vurgu yapan bir başlık vardı: “Scientists Discover a Form of Life That Predates Higher Organisms” [Biliminsanları Gelişmiş Organizmalardan Öncesine Dayanan Bir Yaşam Formu Keşfetti]. *Times*’ın kıdemli isimlerinden Richard D. Lyons’ın yazdığı makale şöyle başlıyordu:¹⁰⁷

İlkel organizmaların evrimini araştıran biliminsanları bugün doğada bulunması güç, ayrı bir yaşam formunun varlığını duyurdular. Bunu canlılar dünyasının, oksijenden uzak duran, karbondioksit tüketen ve metan üreten kadim hücrelerin oluşturduğu “üçüncü krallığı” olarak tarif ettiler.

Diğer haber organlarda aktarılanlarla kıyaslandığında bu görece doğru bilgiler vermekteydi. *The Washington Post*, Woese’in “yeryüzündeki ilk yaşam formu”nu bulma iddiasıyla ortaya çıktığını bildirerek *Times*’tan daha kötü bir iş çıkarmıştı. Yazıda bu yeni organizmanın yeryüzünde yaşamış ilk canlı olduğu ve yaklaşık dört milyar yıl önce kendiliğinden oluştuğu, 20. yüzyıla kadar hayatta kalıp Urbana’daki lağımları işgal ettiği söylenmekteydi. *Chicago Tribune*’dekiler çok daha kötüydü. *Methanobacterium thermoautotrophicum*’un (yanlış yazılmıştı) geride hiçbir fosil bulgu bırakmadığını çünkü henüz kayaların oluşmadığı bir çağda “evrim geçirip gizlenmeye çekildiğini” ileri sürüyordu. Hangi kayalar? “Tam bir saçmalık,” demişti Wolfe. *Tribune*’de çıkan öykü ise “Martianlike Bugs May Be Oldest Life” [Marşlıları Andıran Böcekler En Eski Yaşam Formları Olabilir] gibi baş döndürücü bir başlığa sahipti. Ve haber bu kaynaklardan dışarıya, Uluslararası Basın Birliği’nden ve diğer yankı odalarından Pennsyl-

vania'daki *Lebanon Daily News* gibi ufak kent gazetelerine yayıldı. Hepsinde metanojenler ve tüm ("tipik") bakteriler arasındaki farklılıktan ziyade ortalığı "En Eski Yaşam Formu" diye yaygaraya veren başlıklar vardı. Hiç olmazsa "En Eski Yaşam Formu"nun dedikodusunu yapan öyküler, Woese ve Fox'un sunduğu hayati bir noktayı ısıtıyorlardı. "En Tuhaf Yaşam Formu"ndan bahseden bir manşet meseleyi muhtemelen daha iyi ifade ederdi.

Ralph Wolfe'a göre sorun sadece bilimsel bulguları basın duyurusuyla ilan etmesi değil, Carl Woese'in kendisini sözlü olarak ifade etmede gerekli becerilerden yoksun olmasıydı. İyi seminerler vermesini sağlayacak becerileri hiç geliştirmemişti. Dinleyicilerin karşısına çıktığında (çok sık olmasa da bunu yaptığı anlarda) derin düşüncelere dalar, doğru sözcükleri arar, konuşmaya başlaması ve durması bir olurdu. Genelde ilham vermekte veya ikna etmekte başarısız olurdu. Birdenbire 1977'nin Kasım ayında birkaç günlüğüne dünyanın ilgisi üzerinde toplanıverdi.

Wolfe'un söyledikleri şu şekildeydi: "Gazeteciler onu arayıp meselenin tam olarak ne olduğunu öğrenmeye çalıştıklarında, onlarla iletişim kuramamıştı. Çünkü kullandığı sözcükleri anlayamamışlardı. En sonunda ağzından, 'Bu üçüncü yaşam formu,' cümlesi çıkmıştı. Pekâlâ, vay! Roketler havalanmış ve akla gelebilecek en bilimsellikten uzak saçmalıkları kaleme almışlardı." Basın bildirisi geri tepmiş, haberlerdeki popüler değerlendirmeler *PNAS*'taki özenli makaleyi gölgede bırakmış ve Woese'ı tanımayan birçok biliminsanı, Wolfe'a göre "onun bir deli olduğu"na kanaat getirmişti.

Wolfe'un kendisi olanları hemen meslektaşlarından işitmişti. 3 Kasım 1977 sabahı yaptığı telefon görüşmeleri içinde "en medeni ve dört harfli sözcüklerden uzak" konuşmayı Salvador Luria'yla yapmıştı. Moleküler biyolojinin ilk dev isimlerinden biri olan Luria, 1969'da Nobel Ödülü almıştı ve Wolfe'un ilk yılları sırasında Illinois'de profesörlük yapmıştı. O gün telefonu Massachusetts Institute of Technology'den* açmıştı ve şöyle diyordu: "Ralph, kendini bu saç-

malıktan ayırmak zorundasın, yoksa kariyerini mahvedeceksin.”¹⁰⁸ Luria gazetelerde çıkanları görmüş fakat Wolfe’un kendisine bahsettiği ve destekleyici verilerin olduğu *PNAS* makalesini daha okumamıştı. Bir daha geri aramadı. Ancak hasar çoktan alınmıştı. Luria’nın aramasından ve diğerlerinden sonra Wolfe yaşadığı duyguyu anılarında şöyle aktarıyordu: “Bir şeylerin altına girip saklanmak istedim.”¹⁰⁹

Bana ilaveten şunları anlattı: “Hepsi olumsuz tonlarca arama alıyorduk, insanlar bu saçmalık karşısında öfkeliydiler. Bilimsel topluluk tümüyle olan biteni reddediyordu. Sonuç olarak bu konseptin tümü en az 10-15 yıl ötelenmiş oldu.” Wolfe yaşananlar karşısında canının yandığını hissediyordu. Mesleki itibarı tehlikedeydi. Bilim dünyasının basın bildirisine yönelttiği içgüdüsel itiraz nedeniyle, arkeleri ayrı bir yaşam formu olarak tanımaya direnen bir duvar dikiliyordu. “Elbette Carl 80’li yılların tamamı boyunca ve 90’lı yıllara kadar çok kötü durumdaydı,” demişti Wolfe. “Bilimsel topluluğun bulduğu üçüncü formu reddetmesine içerlemişti. Filogenisi ve taksonomisini.” Bakteriyel taksonomi, Stanier ve van Niel’de, daha öncesinde de Ferdinand Cohn’da olduğu gibi, yine hararetli bir mevzu olmuştu. Bu sefer bulgular molekülerdi ve derinde yatan öykü en geniş ölçeğiyle evrimin kendisiydi.

Geriye dönüp bakılınca, Carl Woese'in 1977'den sonra maruz kaldığı şüphelerin, umursamazlığın ve alayların ne kadar ciddi olduğunu bilmek çok zordur. Belki bunları abartmak kulağa cazip gelmektedir. Kuşkusuz bunların hepsi biraz yaşanmıştı. Özellikle de Amerika'da. Fakat büyük iddiasına yöneltilen direnç, Ralph Wolfe ve Bill Balch'ın birlikte yazdığı, metanojenlerin ayrı bir yaşam formu olarak ele alınması için birçok bulgu (16S rRNA verilerine ek bulgular) sunan başka bir makaleyle biraz yumuşamıştı. Diğer yanda Almanya'da yeni bulunduğu krallık daha sıcak bir yaklaşımla karşılanmıştı.

Oradaki araştırmacılar –özellikle üç kişi– birtakım paralel gözlemler yapmaktaydılar. Bunlardan ilki Münihli botanikçi ve mikrobiyolog olan, hücre duvarlarıyla ilgilenen Otto Kandler'di. Kendisi makaleler yayımlanmadan önce 1977 yılının başlarında Urbana'yı ziyaret etmiş ve Ralph Wolfe aracılığıyla Woese'la tanışmıştı. Woese'in Kandler'le karşılaşmasını anlattığı anısına göre Ralph onu odasına, George ve ondan resmî beyanını işitmeleri için sokmuştu. "Sanırım gülümsüyordu."¹⁰ Gülümsese de gülümsemese de Otto Kandler, metanojenlerin ciddi anlamda eşsiz olduğunu söyleyen önermeyi ra-

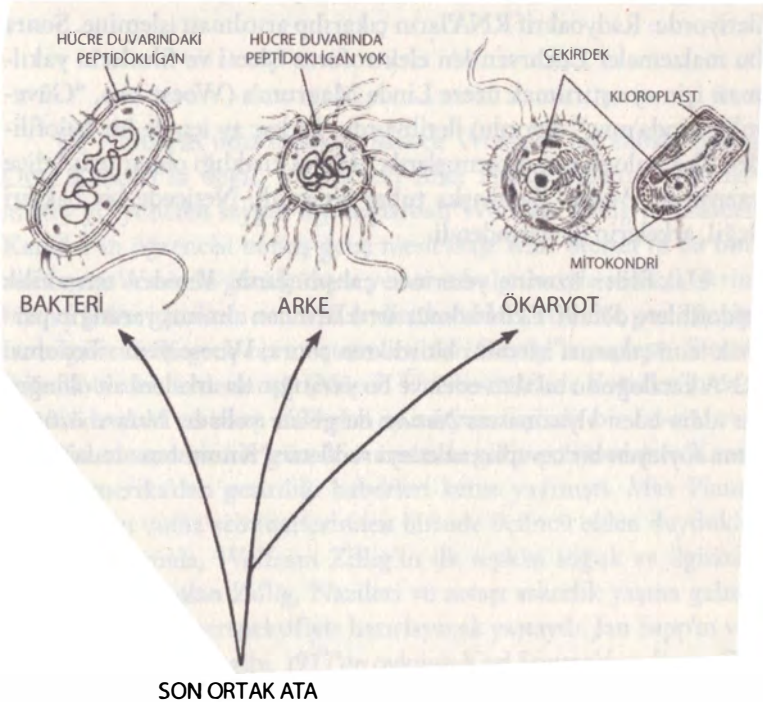
hatlıkla kabul etmekteydi çünkü aynı şeyden kendisi de şüphelenmekteydi. Kendi çalışmaları ona Woese ve Wolfe'un dahi bilmediği şeyler göstermekteydi: En azından metanojenlerden birinin hücre duvarları son derece anormaldi. İçinde hiç peptidoglikan yoktu. *Peptidoglikan* denen şeyi hatırladınız, değil mi? Hani Stanier ve van Niel'in tüm prokaryotların tanımlayıcı niteliklerinden biri olarak bahsettiği, hücre duvarlarını güçlendiren kafes benzeri molekülü? Kandler'in üzerinde çalıştığı özel metanojenin hücre duvarlarında bunlardan yoktu, sıfırdı. Ayrıca Woese'a, sanki yüksek tuz konsantrasyonlarında yaşayan diğer tuhaf bakterilerde de mevcut olmadığını anlatmıştı. Bu yakınlıkları nedeniyle bunlar halofilik bakteriler olarak bilinmekteydi. Tuz seviciler.

Kandler'in anormal hücre duvarları hakkında verdiği tüyo George Fox'un zihninde bir anıyı tetiklemişti. Zamanında aldığı mikrobiyoloji derslerinde, aşırı halofilik olanlar dışında tüm bakterilerin peptidoglikan duvarlara sahip olduğunu öğrenmişti. Fox Alman akademisyenin yaptığı bu hatırlatmayla bilgiyi doğrulamak için kütüphaneye gitti ve bu süreçte organizmaları üçüncü krallığa dahil edecek niteleyici karakterler hakkında başka bir ipucu buldu. Yine teknik bir terim olacak ama bu sefer basit tutacağım: Tuhaf lipitler.

Lipitler canlı yaratıklarda enerji depolama yahut biyokimyasal sinyaller verme gibi amaçlarla ve hücre zarlarının yapısal temeli olarak kullanılabilecek yağlar, yağ asitlerini, vaksların, bazı vitaminleri, kolesterolü ve diğer maddeleri kapsayan bir molekül grubudur. Kütüphanesinde ciltleri altüst eden Fox, halofililerin diğer bakterilerden farklı lipitler taşıdığını öğrenmişti. Kimyasal bağları tümüyle değişik olduğundan farklı yapılanmışlardı. Carl Woese şimdi aman tanrım dediği anlardan birini daha yaşıyordu: *Aman Tanrım, bu tuz seviciler aynı metanojenlerimiz gibi tuhaf lipitlerle dolu*. Yıllar önce başka araştırmacılar, halofililerde bu tür tuhaf lipitlerin var olduğunu söylemişlerdi (Fox'un kütüphanede bulunduğu gibi) fakat kimse herhangi bir sonuç çıkarmamıştı. Ufak bir anomaliden ibaretti. Ama büyük bir keşfin heyecanı içindeki Woese için, çok daha geniş bir tabloya oturmaktaydı. "Kariyerimin tümü boyunca lipitlerle hiç ilgilenmemiştim ve şimdi aklımızı tamamen lipitlere takmış durumdaydık!"¹¹¹

Dahası halofililerde buldukları sadece lipitlerle kalmamıştı. Fox aynı zamanda uç koşulları seven iki ayrı böcek türü üzerine de eğilmişti. Bunlar yine aynı tip tuhaf lipitleri olan *Thermoplasma* ve *Sulfolobus* isimli türlerdi. Bu iki grup, volkanik faaliyetlerin olduğu alanlardaki sıcak su kaynakları gibi çok sıcak ve aşırı asitli ortamları tercih ediyorlardı. Teknik jargonla bunlar termofilik ve asidofilik bakterilerdi. Standartlarımıza göre sapkın ve ufak yaratıklardı bunlar. Her ikisi de yakın zamanda izole edilmiş (biri kömür dö-küntülerinin boşaltıldığı yığınların içinden diğeri ise Yellow-stone'daki sıcak kaplıcalardan alınmıştı) ve *Thermus aquaticus*'un eş kâşiflerinden Thomas Brock'un laboratuvarında tanımlanmışlardı.

Fox'un tuhaf lipit bağlantılarını göstererek yaptığı uyarıyla harekete geçen Woese, numuneleri almış ve bunları yetiştirip katolog-



Yaşamın üç âlemi: bakteriler, arkeler ve ökaryotlar.

lama çalışmalarına başlamıştı.

Tüm bunların ışığında Woese, birdenbire bazı tuz sevicilerin parmak izlerini çıkarmaya heves eder olmuştu. Kafasından şunlar geçiyordu: “Eğer bu tuhaf hücre duvarlarının bir anlamı varsa, belki bu uç halofililer yeni ‘olağanüstü’ grubumuzun üyeleri çıkabilirler.”¹¹² George Fox o dönemde Houston Üniversitesi’ne gitmişti. Fox gittiğinden ve laboratuvardaki diğer insanlar zaten çok meşgul olduğundan, Woese başka bir öğrencinin veya meslektaşın gelmesini bekleyemezdi. Dolayısıyla riskli işleri kendi yapmaya başladı. Şansına halofilileri yetiştirmek görece kolaydı. “Asit yemiş laboratuvar önlüğümü (on yılı aşkın bir süredir ofis kapımın arkasına asılı önlüğü) kuşandım ve tekrar tezgâhın başına geçtim.” Bir meslektaşının yolladığı numunelerde bol miktarda kültür yetiştiriyor, bunları P-32’yle etiketliyor ve daha riskli olan sonraki aşama için Ken Luehrsen’e iletliyordu: Radyoaktif RNA’ların çıkarılıp arıtılması işlemine. Sonra bu malzemeler Luehrsen’den elektroforez işlemi ve filmlerin yakılması için ayrıştırılmak üzere Linda Magrum’a (Woese ona, “Güvenilir Linda’mız,” diyordu) iletilyordu. Birkaç ay içinde bir halofiliden ilk kataloglarını çıkarmışlardı. “Hayal kırıklığı olmamıştı,” diye yazıyordu Woese. Bambaşka tuhaf bir şeydi: Neticede bir bakteri değil, arkelerin üyelerindendi.

Halofililer üzerine yeterince çalışmışlardı. Yeniden termofilik asidofililere döndü. Ekibi kömür artıklarından alınmış yaratığın parmak izini çıkarma işlemini bitirdikten sonra, Woese yeni ribozomal RNA katalogunu takdim eden ve bu yaratığın da arkelere ait olduğunu iddia eden elyazmasını *Nature* dergisine yolladı. *Nature* özünde şunu söyleyen bir cevapla makaleyi reddetti: “Kimin umrunda?”

Üç Alman'ın umrundaydı. Sadece Woese'in iyi ahababı olmuş Otto Kandler'in değil, Münih'teki Max Planck Institute Biochemistry'yi* yöneten saygın biyologlardan Wolfram Zillig ile eskiden Kandler'in öğrencisi olmuş genç meslektaşları Karl Stetter'in da umrundaydı. Woese'la görüşükten ve onun bulgularıyla radikal fikrini birinci elden işittikten sonra, Kandler haberleri Münih'e geri taşıyıp, bu bilgileri hâlâ genç bir araştırmacı olan Stetter'la paylaştı. Stetter iki rolü birden üstlenmişti (Münih Üniversitesi'nde Kandler'in enstitüsünde ders verirken Zillig'in operasyonu içinde bir laboratuvar çalıştırmaktaydı ve her gün ikisi arasında gidip geliyordu) ve Kandler'in Amerika'dan getirdiği haberleri kente yaymıştı. Max Planck Institute'ün cuma seminerlerinden birinde üçüncü elden duyduklarını aktardığında, Wolfram Zillig'in ilk tepkisi soğuk ve ilgisizdi. 1925 doğumlu olan Zillig, Nazileri ve savaşı askerlik yaşına gelmiş genç bir adamın perspektifiyle hatırlayacak yaşıydı. Jan Sapp'ın yıllar sonra aktaracağı gibi, 1977'de öyküyü Karl Stetter'dan duyan Zil-

lig, Kandler'in Woese'a ait üçüncü yaşam krallığı hakkında dillendirdiği dedikodulara yüzünü ekşiterek tepki vermişti. "Üçüncü İmparatorluk* mu?" diye parlayıvermişti. "Üçüncü İmparatorluk'tan çok çektik!"¹¹³

Fakat Zillig birkaç ay sonra Woese'ın elinde halofililerin eşsiz yapısıyla ilgili veriler olduğunu ve bunların metanojenlerin eşsizliğine işaret eden verilerle güçlü paralellikler taşıdığını duyunca, gösterdiği direnç zayıfladı ve ilgisi arttı. Bunun üzerine Zillig ve Stetter, kendi araştırmalarına yeni bir yön verdiler. Bu araştırma RNA polimerazı denen bir şeyle ilgiliydi (DNA kodlarının mesaj ileten RNA'lara dönüştürülmesine yardımcı olan enzim) ve tuz seven "bakteriler" arasında, sıcakla asidi seven "bakteriler" arasında, diğer metan üreten "bakteriler" arasında bu moleküldeki anomalilerin (onları tipik bakterilerden ayırabilecek anomalilerin), Woese'ın kendi yöntemleriyle tespit ettiği çarpıcı anomalilerle eşleşip eşleşmediğini görmeyi amaçlamaktaydı. Eşleşiyorlardı. Belki bu mikroplar bakteri bile değildi.

Amerika'da alaya alınan, en iyi ihtimalle ihtilaf konusu olan Woese, Almanya'da, en azından mikropların moleküler biyolojileri üzerine çalışan aydın çevrelerde bilimsel bir aslana dönüşüyordu. 1978'de Kandler onu Münih'te mikrobiyologların düzenlediği önemli bir kongreye davet etmişti. Woese bu daveti geri çevirdi. Kibar ama fevri bir mektupla, National Science Foundation'ın** ve NASA'nın kendisine hibe verme konusunda cimrilik yaptıklarından yakınırken eserlerinin hatırı sayılır bir tanınırlığa kavuşmasından keyif aldığını söylüyordu ve seyahatin getireceği maliyetlerden ayrı olarak araştırmasını kesintiye uğratacağını belirtiyordu. Kesintiler ona göre rahatsız ediciydi. Azimli bir adamdı. Onu iten temel güç dostluk kurmak değil, sonuç almaktı. Fakat ertesi yıl Kandler tekrar şansını denedi ve bu sefer Woese teklifi kabul etti. Yolculuğun maliyetini ev sahipleri ödüyordu. Ona gayet iyi davranmışlardı. Ondan sadece başka bir mikrobiyoloji konferansı için açılış konuşması yapmasını ve sonrasın-

1933'ten 1945'e kadar süren Nazi diktatörlüğü, üçüncü imparatorluk; Nazilerin Nazi Almanyası'nın Kutsal Roma İmparatorluğu'nun halefi olduğuna işaret ediyordu. (Ç.N.)
Ulusal Bilim Vakfı. (Y.N.)

da Zillig'in enstitüsünde seminer vermesini istemişlerdi. Münih Üniversitesi'nin büyük salonunda kutlama yemeğinin verildiği akşam, Kandler yerel bir korodan üflemeli çalgılarla bir resital vermelerini istemişti. Woese'ı trompetlerin tören şarkılarıyla karşılamışlardı. Böyle cafcıflı ve gösterişli bir takdir her moleküler filogenetikçiye nasip olmamıştı. Onun donuk mizacını yumuşatmışlardı.

İki yıl sonra Alman arkadaşları Münih'te başka bir toplantı düzenlediler. Bu seferki tümüyle arkelere ayrılmış uluslararası bir konferanstı – ancak resmî olmayan ve işbirliğine dayalı yapısına işaret etmek amacıyla atölye olarak adlandırılmaktaydı. Bu üçüncü krallığa yeni bir tanınırlık ve kabul görme imkânı sunan ilk konferanstı. Katılanların sayısı görece küçüktü ve 60 civarındaydı ama içlerinde Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Büyük Britanya, Hollanda ve İsviçre'nin yanı sıra arkenin artık büyük bir mesele olduğu Federal Almanya Cumhuriyeti'nden de (Batı Almanya) araştırmacılar vardı. Dahası programı, çok geniş bir konu ve yaklaşım yelpazesi taşıyordu. Ralph Wolfe da gelmişti. Ford Doolittle, George Fox ve Bill Balch da. Woese Münih'e tekrar seyahat etmekle kalmamış, karşılama konuşması da yapmıştı. Törensel bir karşılamayla yetinmeyip, fikirler ve provoke edici görüşlerle dolu sağlam bir seminer vermişti.

Gruba şöyle demişti (Otto Kandler'in editörlüğünü yaptığı bildirisi kitabında yayımlanacaktı): “Tarihsel öneme sahip bir bilimsel toplantıyı başlatmak üzereyiz.”¹¹⁴ Bu bilim topluluğunun paylaştığı şey, “dört yıl önce var olmayan” arke kavramlarıydı. Kendi laboratuvarlarında “sezgisel açıdan tuhaf görünen organizmalar” üzerinde çalışmaktaydılar: metanojenler, halofililer, termoasidofililer. Bu şeyler kendilerine has ve diğerleriyle ilişkisi olmayan canlılar gibi görünüyordular. Woese aralarındaki bağlantıları, birliklerini fark etmede ağır kaldığımızı söylüyordu çünkü bakteriyel taksonominin mevcut çerçevesi yanıltıcı bir perspektife sahipti ve ayrıntılara inildiğinde çok hata barındırıyordu.

“Nesiller boyu süren başarısızlıklar mikrobiyologları, bakteriler arasındaki doğal ilişkileri keşfetme konusunda caydırıcı olmuştur.”¹¹⁵ Burada içlerinde Ferdinand Cohn, C.B. van Niel ve Roger Stanier'in olduğu nesillerden bahsetmekteydi. İsabetli bir şekilde otoriter bir

rehber olan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*'ye ve 60 yıl boyunca üretimine katkı yapmış titiz uzmanlara gönderme yaparak şu eklemeyi yapmıştı: "Birkaç önemli istisna dışında mikrobiyologlar, bakterileri niteleyici bir şekilde sınıflandırmakla yetindiler." Woese'in yakınmasına bakarsak bu yaklaşımdaki sorun, bakterileri sadece statik yapılar olarak anlamaya çalışmasıydı. Yani uygun kategorilere yerleştirilecek birer kalem olarak görmesiydi. "Geçirdikleri evrimle ilgili meseleler akşam yemeğinden sonra yapılan keyifli ama boş spekülasyonlara saklanmaktaydı." Ona göre mikrobiyolojide ve bugün moleküler biyolojide eksik olan şey şuydu: Evrim.

Woese herkese meydan okuyordu: 20. yüzyılın sonlarında biyolojinin en parlak ve etkili isimleri olmuş bazı şahısların –arkadaşı Francis Crick, Crick'in meslektaşı James Watson, Nobel Ödüllü François Jacob ve Jacques Monod, Ralph Wolfe'a itibarını koruması için Woese'dan uzak durmasını salık vermiş Max Delbrück ve Salvador Luria– yaşamın geçmişi hakkında hiçbir şey merak etmeyen sığ, mekanik düşünürler olduğunu söylüyordu. Şifreleri kıran, bulmaca çözen ve mühendislik yapan kişilerden başka bir şey değillerdi. Kendi ifadeleriyle o gün arkelerin tanınması sayesinde öne çıkan sorular ve yanıtlar, evrimsel düşünceyi canlandırmanın çok ötesinde etkiler yaratacak ve "biyolojiyi umarım bugün içine girdiği teknolojik maceracılıktan bir nebze uzaklaştıracak"tı.¹¹⁶ Bu tuhaf ifadeyle yani "teknolojik maceracılık"la kastettiği şey belli ki, evrimsel sorunları önemsemeyen, sırf kendisi için yapılan yüksek teknoloji moleküler biyolojiden ibaret değildi. Belki genetik manipülasyonlarla oynanan kumarlara da gönderme yapıyordu. 1981'de yüksek perdeyle yapılan bu kınamalar öyle ezici ve öngörülüydü ki, gen patentlerini, biyoteknoloji endüstrisinin büyüyeceğini, gen editleme [gen düzenleme] terapilerini, insan embriyolarının preimplantasyondan önce gözetleneceğini ve insanlarda eksiksiz bir germ hattı mühendisliğinin* yapılacağını öngörmüş olabileceğini tahmin edebilirsiniz. Bu "teknolojik maceracılık"ın karşısına, o dönemde oksimoron gibi görünecek ve

ağza hiç alınmamış olan “moleküler evrimsel biyoloji”yi ideal bir şey olarak koyuyordu.

1981’de Münih’te yaptığı konuşmadan çıkarılacak belirgin düşünceler esas itibarıyla bunlardı: Carl Woese’in yaşam anlatısının derinliklerini kazıp çıkarma dürtüsünü yansıtmaktaydı. Çok derin bir merak duygusuyla ele geçirilmiş biriydi. Yaptığı iş, açtığı kapı, başlattığı yolculuk, sadece arkelerle, üçüncü krallıkla ilgili değildi. Diğer iki krallığın kökenleri ve tarihini de ilgilendiriyordu. Nasıl ortaya çıkmışlardı? Birbirlerinden nasıl ayrıışmışlardı? Bu üç gruptan her biri diğer ikisiyle nasıl ilişkiliniyordu? Hangisi önce geliyordu? Neden bu üç soydan sadece biri tümüyle gözle görünebilen, çokhücreli organizmalara –tüm hayvanlar, tüm bitkiler, tüm mantarlar ve bizlere– evrilirken, diğer ikisi bu denli bol, çeşitli ve önemli olmalarına karşın tekhücreli ve mikroskobik boyutlarda kalmışlardı? Ve onlardan önceki yaratıklar, süreçler veya koşullar nasıldı? Yaşam ağacının kökleri nerede yatıyordu?

Woese sadece rasgele karşılaştığı bu ayrı yaşam formuyla ilgilenmiyordu. Öykünün tamamıyla ilgileniyordu.

Gayet iyi geçen ve katılımcılara arke kavramı hakkında bir ivmeleme hissi veren atölyeden hemen sonra, Kandler ve eşi, Woese ve Wolfe’u eğlenceli bir eğitim gezisine çıkardılar. Arabayla Münih’in güneyindeki Bavyera Alpleri’ne gittiler ve basamaklı bir patikayla mütevazı ama şahane manzarası olan bir dağa, Hohe Hiss’e tırmandılar. Ralph Wolfe’un kendisini alaya alan değerlendirmesiyle, “Woese, özellikle de Wolfe fiziksel güçlerinin doruğunda değildi ama oflaya pufлая da olsa tepeye varmışlardı.”¹¹⁷ Zirvede Kandler’in eşi üç adamın fotoğrafını çekmişti. Üçü de güneş ışığının altında, açık bir havanın memnuniyetiyle gülümsüyorlardı. Wolfe ve Kandler tam da oldukları gibi görünmekteydiler: Orta yaşlı, saçları dökülen, arkadaş canlısı, dışarıda geçirdikleri günün tadını çıkaran iki bilimsan gibi. Sağlarındaysa sakallarla kaplı yüzü, aslan yelesini andıran saçları, kaygısızca boynuna bağladığı süveteri ve sol elinde tuttuğu şampanya bardağıyla Woese oturuyordu. Yüzünde yumuşak ve koca bir zafer gülümseyişi vardı. 52 yaşında gücünün ve şöhretinin doruğuna ulaşmış, Nobel Ödülü alması an meselesi olan biri gibi görünüyordu.

3

Birleşmeler ve Satın Almalar

Lynn Margulis'in bu öyküye girişı, Carl Woese'in hâlâ karanlık içinde emek verdiği bir dönemde, ani ve biraz tantanalı bir şekilde oldu. Margulis Chicago'dan gelmiş etkileyici ve genç bir kadındı. Oynadığı rol çok önemliydi çünkü çok tuhaf ve eski bir fikre yeniden insanların ilgisini toplayıp inandırıcılık kazandırmıştı: Diğer yaşam formlarına ait canlı hayaletlerin var olduğu ve kendi hücrelerimiz içinde belli işlevler yerine getirdiği fikri. Margulis, eski bir terimi uyarlayarak bu fikre *endosimbiosis* demişti. Yatay gen transferinin onaylanmış ilk versiyonuydu. Nadir görülen ama büyük öneme sahip olan bu örneklerde, yaşayan organizmalara ait genomların tümü –sadece münferit genler veya küme halinde toplanmış genler değil tamamı– yanlarındaki canlılara gitmişler ve diğer organizmalar tarafından ele geçirilmişlerdi.

Margulis sahneye ilk kez Mart 1967'de, Zuckerkandl ile Pauling'in 1965'te moleküler saat üzerine yazdıkları etkili makalelerini yayımlattıkları *Journal of Theoretical Biology*'de uzun bir makalesiyle çıktı. Bu makale çok ama çok farklıydı. Yazarı Pauling gibi kutsan-

mış bir biliminsanı değildi ve yaptığı değerlendirmeler en hafif tabirle alışılmadıktı. Daha kabâ tabirle, iki milyarlık evrim tarihini baştan yazma önerisiyle radikal, şaşırtıcı ve ihtiraslıydı. İçinde çizgi filmleri andıran birkaç açıklayıcı şekil, hücre biçimlerini gösteren komik, ufak tefek karakalem çizimler vardı ve neredeyse niceliksel hiçbir veri yoktu. Yapılan değerlendirmelerden birine göre, *JTB*'deki cüretkâr editörlerden biri kabul etmeden önce "15'e yakın" dergi tarafından reddedilmişti.¹¹⁸ Fakat Margulis'in makalesi yayımlanır yayımlanmaz güçlü bir tepki yarattı. Çığ gibi tekrar basma talepleri yapıldı (henüz dergilere çevrimiçi ortamdan erişimin olmadığı, biliminsanlarının birbirlerine makalelerini *posta yoluyla* attığı o eski yavaş günlerde bu ilginin ölçütüydü). Başlığı "On the Origin of Mitosing Celss"di [Mitozlanan Hücrelerin Kökeni Üzerine].¹¹⁹

Bu devasa bir konu için oldukça sessiz ve sakin bir deyişti fakat başlığın Darwin'e ait *Türlerin Kökeni*'ne yaptığı gönderme makaleyi yazanın büyük ihtirasları olduğuna işaret ediyordu. Kendisine güveni hiç eksik olmamış Margulis, o dönemde 29 yaşındaydı, Boston Üniversitesi'nde misafir yardımcı profesör olarak çalışıyordu ve iki erkek çocuk yetiştiren bekâr bir anneydi. Gençken gösterişli ve genç bir gökbilimciyle evlenmişti. O dönemde eski eşinin soyadını hâlâ kullanmaya devam ediyordu. Makalenin üzerindeki yazar ismi şöyleydi: Lynn Sagan. Daha sonra ikinci eşi Thomas N. Margulis'in soyadıyla meşhur olacaktı – kimileri tarafından çok saygı görülecek, Carl Woese da dahil olmak üzere başkaları tarafından görmezden gelinecek ve küçümsenecekti. Fakat onu tanıyan çoğu kişi için o her zaman resmiyetten uzak biriydi: Lynn'di.

"Mitozlanan hücreler" ifadesi ökaryotik hücrelerden bahsetmenin, yani çekirdeği ve içinde diğer karmaşık yapıların olduğu, tüm hayvanlar, bitkiler ve mantarları (mikroskopik boyutta oldukları için daha az bilinseler de diğer karmaşık yaşam formlarını da) meydana getiren hücreleri ifade etmenin başka bir yoludur. "Mitozlama" elbette mitozla yani eşeysiz bölünmeye gönderme yapmaktadır. Bu ökaryotik hücrelerin çoğalmasında, çekirdeğe ait kromozomların kopyalandığı, ardından iki yeni çekirdek içinde iki demete ayrıldığı, hücrelerin tıpatıp aynı kromozom setlerine sahip iki eksiksiz

ve yeni hücreye bölünmesinden önce yaşanan aşamadır. O zavallı kurbağayı kesip parçalara ayırmadan önce, lise biyoloji derslerinde bunu öğrenmiş olmalısınız. Mitoz bölünme mayoz* bölünmeyle birlikte düşünülür. Adeta *yin* ile *yang* gibidirler. Mitoz alışıldık hücre bölünmeleri sırasında yaşanırken, mayoz “azalan bölünmeler”i meydana getirir ve gamet diye bilinen özel eşey hücreleri yaratır (hayvanlarda yumurta ve sperm, çiçek açan bitkilerde yumurta ve polen hücreleri). Mayoz bir hayvanda iki değil dört yeni hücre yaratır ve bunu tek değil iki bölünmeyle yapar. Ortaya çıkan her hücrede toplam kromozom sayısı yarı yarıya düşer. Sonrasında sperm yumurtayla buluşur ve bingo, tam kromozom sayısına tekrar ulaşılır. Bu terimlerden hangisinin neye karşılık geldiğini hatırlamak biraz güç, kabul ediyorum, ama benim hatırlatıcı ipucum şöyle: Mayoz azalan bölünmedir çünkü harf sayısı *mitoz*’daki *t*’nin düşmesiyle azalmaktadır. Yardımcı oldu mu? Öyleyse, bu mayozun içinde bir azalmanın olmaması, aksine *y* harfinin eklenmesi gibi uygunsuz bir olguyla bizi baş başa bırakmaktadır. Neyse tamam, boş verin. Bende işe yarıyor.

Mitoz, döllenmiş tek bir yumurtanın çokhücreli embriyolara ve yetişkin canlılara dönüştüğü ve ayrıca yıpranmış hücrelerin yerine yeni hücrelerin geçtiği hücre bölünmelerinin tümünü tanımlar. Örneğin deri hücreleriniz böyledir. Bir yara iyileştiğinde yara izindeki hücreler gibi. Yıpranmış bağırsak duvarlarınızı onaran hücreler gibi. Mitoz bedenin her yerinde gerçekleşir. Mayoz ise sadece gonadlarda yani eşeylik organlarında gerçekleşir. Fakat Lynn Sagan’ın makalesi süregelen bir süreç olarak mitozu odaklanmamaktaydı. Başlığındaki kilit sözcük *köken* kelimesiydi.

İlgilendiği konu ökaryotik hücrelerin derin tarihi, başlangıcıydı. Roger Stanier’la ders kitabında ona eşyazarlık yapmış kişilerin sözlerine atıfta bulunarak, prokaryot-ökaryot ayrımının “muhtemelen günümüzün canlılar dünyası içinde bulunabilecek en büyük evrimsel süreksizliği temsil ettiği”ni ilan ediyordu.¹²⁰ Yaşamın tarihi içinde büyük bir sıçramaydı – adeta olimpiik uzun atlama, yüksek atlama, ters smaçtı. Yansımasını ezelden beri bakteriler ve daha kar-

maşık organizmalar arasındaki farklarda göstermekteydi. Bu sıçramanın nasıl gerçekleştiğini açıklamayı öneriyordu.

“Bu makale bir teori ortaya atmaktadır,” diye yazıyordu Sagan.¹²¹ “Ökaryotik hücrelerin kadim simbiyozların evrimi sonucunda oluştuğunu” ileri atan bir teori. Simbiyoz: İki farklı organizmanın birlikte yaşaması. Teorisine endosimbiyoz gibi daha belirgin bir isim vermişti. Bununla bir organizmanın başka bir organizmaya ait *hücrelerin içinde* ikamet ettiğini ve nesiller içinde daha büyük bir bütünün zorunlu parçalarından birine dönüştüğünü ifade ediyordu. Tek-hücreli yaratıklar aynı yemeğin mideye girmesi yahut konaklara enfeksiyonların bulaşması gibi diğer tekhücreli yaratıkların içine girmiş, tesadüf eseri ve örtüşen çıkarlar sonucunda bu eşleşmeler içinden en az birkaç tanesi kalıcı bir uyum geliştirmişti. Her halükârda öne sürdüğü şey buydu. İç içe geçmiş eşler birbirlerine bağımlı hale gelmişler, birleşik bireyler olarak yan yana kalmışlar ve ihtiyaç duydukları belli şeylerle birbirlerine destek olmuşlardı. Bağımsız ama hâlâ birbirlerine bağlı bir şekilde çoğalmışlar, bu bileşik yapıyı kalıtsal bir koşul olarak sonraki nesillere aktarmışlardı. Neticede eşlerden öteydiler. Tek ve yeni birer varlıktılar. Yeni bir hücre tipi.

1967’de yaşamın erken aşamalarında bu tarz can alıcı kombinasyonların kaç kez yaşandığını kimse söyleyemezdi fakat meydana gelen alışımaların uzun süre sağ kalması çok nadir bir olasılık olmalıydı. İlerleyen dönemlerde bu soruyu ele almanın yolları bulunacaktı. Sagan ucunu açık bırakmıştı. Gözlem yapmak için kullandığı temel araştırma yöntemi mikroskopi bu soruya yanıt veremiyordu.

Bu hücrelerin içindeki küçük yapıların işe birer bakteri olarak başladığını iddia etmekteydi. Organellere dönüşmüşlerdi. Aynı insanın içindeki dalak veya ciğer gibi, yeni, bileşik ve bütün bir yapının işleyen bileşenlerine dönüşmüşlerdi. Hepsinin süslü isimleri ve ayrı işlevleri vardı – mitokondriler, kloroplastlar, sentriyoller. Mitokondriler çeşitli şekillere ve ebatlara sahip olan ama tüm karmaşık hücrelerde bulunan, metabolizmaya yakıt sağlamak için oksijeni ve besin maddelerini kullanıp enerji paketlerine dönüştüren (adenozin trifosfat ya da ATP olarak bilinen moleküllere çeviren) ufak yapılardır. ATP molekülleri aynı şarj edilebilir AA piller gibi kullanılabilir

enerji taşırlar. ATP daha küçük parçalara bölününce bu enerji kullanılmak üzere salınmış olur. Mitokondriler ATP moleküllerini üreten (veya yeniden şarj eden) fabrikalardır. Üretimi kamçulamak için mitokondriler aerobik bakteriler gibi soluk alıp verirler. Kloroplastlar bitki hücrelerinde ve bazı alglerde bulunan, güneş enerjisini emip adeta şeker gibi paketleyen küçük –yeşil, kahverengi veya kırmızı– partiküllerdir. Aynı siyanobakteriler gibi fotosentez yaparlar. Sentriyoller de çok önemlidir fakat şimdilik nasıl önemli olduklarını atlayacağım. Sagan'ın kalemiyle tüm bu bileşenlerin bakterileri hatırlatması bir tesadüfün sonucu değil, çok sağlam bir sebebin ürünüydü: Çünkü hepsi bakterilerden evrilmişlerdi.

İçlerine daha ufak hücreleri hapsetmiş büyük hücreler de bakteriydiler (veya büyük olasılıkla arkelerdi ama bu ayrım henüz o dönemde yapılmamıştı). Bu endosimbiozlara ev sahipliği yapmışlardı. Diğerlerini yutmuşlar, enfekte olmuşlar, sarmışlar ve içlerini onlara adeta yaşam alanı olarak sunmuşlardı. Ufak hücreler öğütülmek veya istifrayla atılmak yerine, direnç göstermişler ve kendilerini kullanışlı kılmışlardı. Ortaya çıkan bileşik bireyler, ökaryotik hücrelerdi.

Bu “bileşik birey” ifadesinin oksimoron olmasına aldırmayın. Sagan'ın tarif ettiği gibi tüm süreç yaşama sokulmuş bir oksimorondan ibaretti. Çelişkili ve mantığa aykırıydı ama ayrıntılı iddialarıyla makalenin geneli boyunca desteklenmekteydi.

Çelişki heyecan vericiydi ama gerçek miydi? Doğru muydu? Bu misafir asistan profesör, sadece akıllara zarar bir olasılıklar kümesini sunmakla kalmayıp, tüm karmaşık yaşamların kökenleriyle ilgili ikna edici ve yeni bir vizyon mu önermişti şimdi? Bilimsel konsensüsün buna cevabı başta ve sonraki yıllarda olumsuzdu. Yakında Lynn Margulis olacak Lynn Sagan'ı okuyan ilk kişiler, onun zeki, bilgili, ısrarcı, büyüleyici ve çılgınca bir fikrin esiri olduğunu söyleyeceklerdi.

Chicago’da Morris ve Leone Alexander’ın en büyük kızları olarak dünyaya geldi ve aynı kentte büyüdü. Babası aynı zamanda bir boya firmasının sahibi olan bir avukattı. Annesi ise ev kadınlığı yaparken bir yandan seyahat acentesi işletiyordu. Kısacası girişimci ve çok yönlü insanlardı. Lynn Alexander erken olgunlaşmış biriydi ama kendi değerlendirmesiyle “kötü bir öğrenci”ydi.¹²² En azından köşede cezalı bir şekilde dikilmesine yetecek kadar kötü davranışları olan bir öğrenciydi. (Buna kelimesi kelimesine inanmak güçtür. Yaşamının ileri safhalarında, bilimsel topluluğun uzak köşelerinde çoğu kez kendi tercihleriyle ve gururlu bir şekilde ayakta durmuştu.) Parlak ve sabırsızdı, bir dolu okul değiştirmişti, ergenlikte ufak bir isyankârlık döneminden geçmişti ve genç bir ergen olarak Chicago Üniversitesi’ne erkenden kabul alacak kadar iyiydi. Orada edindiği deneyimleri, özellikle de Kolej’de edindiklerini çok sevmişti. Burası üniversite içinde geniş bir öğrenim limanı olmasıyla, eğitimin vizyoner isimlerinden Robert Maynard Hutchins’in biçimlendirdiği pedagojik sistemi meşhur olmuş bir lisans okuluydu. Doğa bilimleri 2 adlı bir giriş dersi onu çok geliştirmişti. Ona sadece ders kitaplarını değil

büyük biliminsanlarının ufuk açıcı yazılarını da okutmuşlardı: Darwin, Weismann, Gregor Mendel, J.B.S. Haldane ve diğerlerinin yazılarını. İlk yılında bir gün, matematik bölümünün merdivenlerini tırmanırken, o dönemde fizikte okuyan 19 yaşındaki Carl Sagan'la kelimenin gerçek anlamıyla çarpıştı. Carl uzun, yakışıklı, konuşkan ve parlak biriydi. Şimdiden kampüste herkesin bildiği bir şahsiyet olmuştu. "Bilimsel anlamda tam bir kara cahildim," diye hatırlıyordu o günleri.¹²³ "Carl, özellikle ağzının iyi laf yapması beni büyülemişti." Üç yıl sonra, mezun olduktan bir hafta sonra onunla evlendi ve Lynn Sagan oluverdi. Düğün fotoğraflarında ufak, tatlı ve genç bir kadın olarak görünüyordu. Omuzları açık beyaz gelinliği ve inci-leriyle, tehlikeli bir gülümseyişi vardı.

Wisconsin'e giden Sagan'a eşlik etti. Orada Carl mezuniyetten sonraki çalışmalarını bir gözlemesinde sürdürürken, Lynn de Wisconsin Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimine başlamıştı. Burada kendisine mikroskobiyi öğreten Zooloji Bölümü profesörü Hans Ris'le tanıştı.

Ris "iyi bir öğretmendi, tüm kariyerim boyunca karşılaştıklarım arasında en iyisiydi," diye yazacaktı sonrasında.¹²⁴ Hücre biyolojisi üzerine verdiği dersi, muhtemelen 1959'da, ilk oğluna hamileyken almıştı (oğlu ileride yazar Dorion Sagan olacaktı). Ris ona mikroskobinin dışında bir şey daha kazandırmıştı: Karanlıkta kalmış ilk kaynaklardan, kendi araştırmaları ve düşüncelerinden Lynn'i endosimbiyoz teorisine taşıyacak patikayı. 1967'de yazdığı makalenin sonuna eklediği referanslarda, tozlu bir koyağa ait kayalarda bulunmuş fosil fragmanlar gibi unsurların olması, Ris'in bıraktığı etkinin hâlâ sürdüğünü göstermekteydi. Burada Ris'in birkaç yıl önce eşyazarlığını yaptığı bir makaleden bahsetmekteydi ve diğer birçok alıntının yanında, 20. yüzyılın başlarından, biri Rus biri Amerikalı iki alışılmadık biliminsanının çalışmasını da dahil etmişti: Constantin Merezhkovsky (Ris de ona atıfta bulunmuştu) ve Ivan E. Wallin. Bu iki adam, daha sonra Lynn Margulis'in bir araya getireceği, moleküler bulgularla doğrulanacak, karmaşık organizmaların nasıl açığa çıktığıyla ilgili düşünceleri kökünden değiştirecek fikirlerin bazılarını öngörmüşlerdi.

Hans Ris, İsviçre doğumlu bir hücre biyoloğu ve biyokimyagerdi. 1949'da Wisconsin Üniversitesi'ne geldikten sonra kendisini bir elektron mikroskopi uzmanına dönüştürmüştü. 1960'ların başlarında Botanik Bölümü'nden meslektaşı Walter Plaut'la birlikte, kloroplastları yani bitki hücreleri ve bazı alglerde bulunan, onların fotosentezle güneş enerjisinden yararlanmalarını sağlayan ufak hücre organellerini incelemek için mikroskopi ve biyokimyasal metotlardan yararlandılar. Ris ve Plaut, bu kloroplastların *ne olduklarını* ve kökenlerini merak ediyordu. İki adam özel bir yeşil alge ait kloroplastı yakından incelemişti. Biyokimyasal boyama yoluyla DNA bulgularına rastlamışlardı. Elektron mikroskopuyla görebiliyorlardı.

Bu çok önemliydi çünkü genlerin sadece çekirdek içinde değil, sitoplazma (ökaryotik bir hücre içinde çekirdek hariç her şeyi içinde bulunduran sıvı ve katı parçalardan oluşan karışım) içinde de bulunabilme olasılığına parmak basıyordu. Önceki dönemlerde araştırma yapmış birkaç kişi hariç, sitoplazmalarda genlerin bulunma olasılığı imkânsız olmasa bile beklenmedik bir şey olarak değerlendirilmişti. Kromozomların çekirdekte bulunduğu, çekirdek zarı içinde korunukları düşünölmekteydi. Sitoplazmik kalıtım şayet gerçekten varsa, Mendel'ci kalıtımın sağlam kurallarında bir istisna oluşturmaktaydı. Bunlar, fasulyeleri melezleyerek söz konusu kuralları keşfetmiş Moravyalı rahip Mendel'in ifade ettiğı kurallardı. Ebeveynlerden alınan eşeyli hücrelerin döllenme sırasında birleşerek belirlediğı Mendel'ci kalıtımda, soyun genetik karakterinde iki tarafın da eşit katkısı vardır. Sitoplazmik kalıtımsa (anneden gelen kalıtım olarak da adlandırılır) çok farklı bir önermeydi. Eğer böyle bir şey varsa tam anlamıyla Mendel'ci olması imkânsızdı. Öyle ikili bir yanı olamazdı. Eğer genler sitoplazma içinde yüzüyorsa, miras alınan genetik kimliğin ağırlığı, eşeyli üreme ne şekilde olursa olsun dışı ebeveyne kayacaktı çünkü yumurtalar bolca sitoplazma taşıırken spermiler veya polenlerde çok az sitoplazma vardı.

Fakat bu meselenin yarısı bile değildi. Ris ve Plaut'nun kloroplastlarda, yeşil alglerin sitoplazmaları içinde DNA'ya rastlamaları, Mendel'e meydan okumaktan çok daha büyük içirimler taşıyordu.

Bu içerimler, karmaşık yaşamın kökenleri hakkında alışılmış her şeyin tümüyle dışında bir şeye, endosimbioza işaret ediyordu.

Elektron mikroskobuyla Ris ve Plaut, ellerindeki alglerin kloroplastlarında belli bakterilerde görülenlere yakın unsurların varlığını tespit etmişlerdi: DNA iplikçikleri, çift zar ve başka yapısal özellikler. Özellikle kloroplastlardaki bu özellikler, kısa süre sonra siyanobakteri olarak yeniden adlandırılacak mikrop grubuyla özdeşleşiyormuş gibi görünüyordu. Bu da bir bakıma kloroplastların bakteri olduklarına veya en azından eskiden öyle olduklarına parmak basıyordu. Çok uzak bir geçmişte siyanobakterilerin yutulduğunu veya bir şekilde içselleştirildiğini, ele geçirilenlerden en az *birinin* özümsemeye veya çıkarılmaya direndiğini, konak hücre içinde kopyalandığını, bu kopyaların alg hücreleri içinde nesilden nesile kalıtımla aktarıldığı ve yavaş yavaş sindirilemeyen avlardan, bulaşıcı böceklerden veya doğal yolculardan iç organellere dönüştüklerini göstermektedir. Sağ kalmışlar ve çoğalmışlardı (Darwin’ci seçim sayesinde) çünkü bir işlevi yerine getirmişlerdi: Alglerin güneş ışığından enerji almalarına olanak sağlamıştı. Organel olarak rolleri fotosentezdi. Ris ve Plaut’nun belirttiği gibi bunların tümü, Constantin Merezhkovsky’nin ta 1905’te önerdiği eski hipotezle uyuşmaktaydı. Merezhkovsky kendi döneminde yarı çılgın bir kişi olarak görülmüştü. (Aslında göreceğiniz üzere yarı çılgın ve çok daha kötü biriydi.) Fakat şimdilik Ris ve Plaut, “Endosimbiozu karmaşık hücre sistemlerinin kökeninde olası bir evrimsel adım olarak yeniden ciddiyle düşünmek zorunludur,” diye yazıyorlardı.¹²⁵

Ris ve Plaut’nun yazdığı makale 1962’de, Lynn Sagan’ın Wisconsin’i terk edip yaşamına ve çalışmalarına başka yerlerde devam etmeye karar vermesinden kısa bir süre sonra yayımlandı. Makaleyi görüp okumakla kalmamış, Ris’le arasındaki kişisel temas nedeniyle muhtemelen çıkacağından daha önce haberdar olmuştu. Bir değerlendirmeye göre bu radikal kavramlarla tanışması çok daha önceki dönemlerde ve bizzat Hans Ris sayesinde daha dolaysız bir şekilde olmuştu. 1959 yılında Ris’in hücre biyoloji dersini onunla birlikte alan bir arkadaşı, Ris’in endosimbiozu her yönüyle masaya yatırdığını, yanında karanlıkta kalmış Almanca ve Rusça kaynaklardan çe-

kip çıkardığı ve çeşitli unsurlarına yoğunlaşan destekleyici bir literatür de sunduğunu hatırlıyordu. Bugün İsrail, Weizmann Institute of Science’de* bitki genetiği alanında fahri profesörlük yapan aynı sınıf arkadaşı Jonathan Gressel, şunları söylüyordu: “Teori tümüyle Ris’in fikriydi ve bunu dersinde gayet iyi bir şekilde açıklıyordu. Onu kamuoyuna duyurmakla çok iyi bir iş yaptı.” Gressel o dönemde Lynn Sagan’la yakın arkadaştı ve karnı burnunda Dorion’a hamile olduğu günlerde hevesli ama biraz engelli bir şekilde onun nasıl “mikroskoba ulaşma mücadelesi verdiğini” hatırlıyordu. Daha sonra, teorisini toparlarken Ris’e borcunu eksiksiz bir şekilde dile getirmemesi onu “dehşete düşürmüştü”.

Lynn yüksek lisans derecesiyle Wisconsin Üniversitesi’nden ayrılıp, Carl Sagan’ın peşinden, onun Berkeley’de post-doktora bursu aldığı California Üniversitesi’ne gitti. İkinci oğlu Jeremy 1960’ta doğdu. Kocasını dünya dışı biyolojiye ait olasılıkları araştırırken (kısa süre sonra eksobiyoloji olarak bilinecek olan bu disiplin, Carl Woese’in NASA’dan fon almasına yardımcı olacak olanla aynı disiplindi), Lynn anneliğin getirdiği zahmetlerin etrafından dolaşarak veya bunları bir nebze aşarak genetik doktorasına başlamıştı. Daha sonra şöyle yazacaktı: “Evrimle ilgileniyordum ve her zaman genetiğin evrimi derinlikli bir şekilde incelemenin yolu olduğunu düşünmüştüm.”¹²⁶ Lynn, Mendel’ci olmayan genetik fenomenini yani Wisconsin’de Ris ve diğerlerinden öğrenmiş olduğu sitoplazmik kalıtımı keşfetmek istiyordu. Taşıdığı şu çıkarım aklını çelmişti: Genlerin sadece çekirdeklerdeki kromozomlar içinde olmadığı, karmaşık hücrelerin sitoplazmaları içinde yüzdüğü ve bu genlerin çekirdeklerdeki genlerden çok farklı olma ihtimali. Öyleyse, bunlar nereden gelmişlerdi?

Fakat danışman profesörü konuyu onaylamamıştı. Aldığı reddin dayanağı içine dert olmuş daha geniş bir sorunun içinde saklıydı: Bilimsel disiplinler arasındaki entelektüel ayrım. O günleri şöyle hatırlıyordu: “Berkeley’de evrim üzerine çalışan paleontoloji bölümünün üyeleri ile nadiren evrimden bahseden genetik bölümündekiler arasında hiçbir ilişki yoktu.”¹²⁷ Buna “akademik *apartheid*” diyordu. Kam-

püsün kendi tarafındaki genetikçiler işe çoğunlukla kimyager olarak başlamışlardı. Sadece bakterileri ve virüsleri inceleye inceleye biyolojiye geçmişlerdi ve onun ilgilendiği şey hakkında, yani ökaryotik yaratıklardaki sitoplazmik kalıtım hakkında ya çok az şey biliyorlardı ya da hiçbir şey bilmiyorlardı. Berkeley'deki genetikçiler öyle küstah ve cahildiler ki, "bilmediklerini dahi bilmiyorlar"dı. Ve orada 23 yaşında iki erkek çocuğunun annesi olarak, elinde yüksek lisans derecesi ve sınırsız özgüveniyle karşılarına dikilmişti. Lynn doktora ihtiyacı olduğunu biliyordu. Bu yüzden evrimsel genetiğin içine dalmak yerine göl sularında yaşayan *Euglena gracilis* adlı bir mikrop üzerine daha güvenli ve ufak bir tez hazırladı. Size tezinin başlığını söyleyecek olsam, bana Krispy Kreme donatları gibi bakarsınız.

Böylesine kararlı bir genç kadın için bu sadece geçici bir engeldi. 1962'de Ris ve Plaut, yeşil alglerin kloroplastlarında DNA bulgularına rastladıklarını söyleyen makalelerini yayımladıklarında Berkeley'de hâlâ yoğun bir şekilde çalışmaktaydı. Kloroplastlardaki DNA'lar sitoplazmik kalıtım anlamına geliyordu. Yani babanın veya kromozomların rolünden bağımsız bir şekilde, ökaryotik hücreler, karmaşık organizmalar arasında nesilden nesile aktarılıyorlardı. Tez danışmanının cesaretini kırmasına rağmen sitoplazmik kalıtıma duyduğu ilgi büyüyordu. Daha derin okumalar yapmaya başlamıştı. Bunlardan biri E.B. Wilson isimli bir hücre biyoloğunun 1925'te çıkardığı *The Cell in Development and Heredity* [Gelişim ve Kalıtımda Hücreler] adlı eski bir kitaptı. Kitapta Merezchkowsky ile Wallin'in eski çalışmalarından bahsedilmekteydi. İki isim de mitokondri ve kloroplast gibi hücre organellerinin, yakalanmış bakterilerin evrim geçirmiş kalıntıları olduğunu iddia ediyordu. Wilson, Merezchkowsky'nin önerisini "eğlenceli bir fantezi" olarak adlandırıyor, Wallin'i biraz daha nazik bir şekilde kenara atıyor ama konuya dik-katle yaklaşp şu itirafta bulunuyordu:¹²⁸ "Kuşkusuz birçok kişi için bu tarz spekülasyonlar, kibar biyoloji toplulukları içinde bahsedilemeyecek kadar fantastik şeylermiş gibi görünebilir; bununla beraber bir gün daha ciddi bir değerlendirmeye ele alınmaları olasılık dahilindedir." Lynn Sagan o günün geldiğini düşünüyordu.

Bu esnada Carl Sagan'la evliliği çökmekteydi. Sonrasında Sa-

gan'dan “inanılmaz derecede benmerkezli”, ihmalkâr bir baba ve kaldıramayacağı kadar hayranlığa düşkün bir koca olarak bahsedecakti.¹²⁹ Evlilikleri kendi ifadesiyle, “çocuklarla paylaşılan bir işkence odası” gibiydi.¹³⁰ Oğullarını aldı ve evini terk edip, başka bir genç anneyle Berkeley'in kuzeyinde bir yere taşındı. Fakat 1963'te Carl Sagan, Harvard'ta yardımcı profesörlüğe kabul edilince, oğullarını getirmeyi ve onunla Cambridge'in batısında bir apartmana taşınmayı kabul etti. Sagan evliliği kurtarmayı umuyormuş gibi görünse de, Lynn için bu, birtakım gizli motivasyonlarla yaptığı “uygun bir hamle”ydi.¹³¹ Doktorasını henüz almamıştı ama bunu uzaktan çözebilirdi. California'yla işi bitmişti, Chicago'ya dönmek istemiyordu ve Massachusetts'in işe yarayabileceğini düşünüyordu. Öyle de oldu ama Sagan'la değil.

Ondan 1964'te boşandı. Bir yanda eğitim hizmetleri veren bir şirkette personel olarak çalışırken, diğer yanda Brandeis Üniversitesi'nde öğretim üyeliği yaparak, iki çocuk büyüterek ve babasından çok cüzi bir maddi destek alarak geçirdiği bu zorlu dönemde, endosimbiyoz üzerine bol miktarda olgu, fikir ve referans toplayacak zamanı olmuştu. Konuyla ilgili uzun makalesini kaleme aldı, bir dizi dergiye gönderdi ve *Journal of Theoretical Biology* nihayet bunu kabul etmeden önce “15 civarı” dergiden ret aldı. Yeniden evlendi. Bu seferki eşi bir kristal bilimci olan Thomas N. (Nick) Margulis'ti ve onun soyadını aldı. Boston Üniversitesi'nde asistan profesör olarak işe alındı.

1969'da üçüncü çocuğuna hamile kalan (diğer oğlu Zachary) ve uzun süreler boyunca evde kalmak zorunda olan Lynn tekrar endosimbiyozla döndü. “Zorunlu ev izni kesintisizce düşünmememe olanak vermişti,” diye yazacaktı daha sonra.¹³² Büyük oğulları okula başlamışlardı. Karmaşık hücreler üzerine yazdığı öykü (1967 tarihli makalesinde özetlendiği gibi diğer yaşam formlarının birleşmesiyle oluştuklarını söyleyen öykü) artık “filizlenmiş, serpilmiş ve nihayet budanıp bir kitabı dolduracak kadar kapsamlı bir elyazmasına dönüşmüştü”.¹³³ Bunu bir kitaba dönüştürecek şekilde “budaması” (yayımlandığı haliyle dizin hariç 329 sayfaydı), sözcükleri kâğıda dökerken asla utangaç, yavaş veya kısa ve net biri olmadığını yansıtmaktaydı.

New York'taki Academic Press'le bir sözleşme yapmıştı. "Teslim tarihine yetiştirmeye kararlı bir halde, gecelerce geç saatlere kadar daktilo başındaydım."¹³⁴ Nihayet yazdıklarıyla sipariş verdiği sayısız çizimi kutuya koydu ve yayıncısına postaladı. Bu her yazar için bir zafer ânı ve gergin bir bekleyişin başlangıcıdır. Bekledi. Beş ay sonra kutu, basılı evraklar için ucuz bir ücretle ve hiçbir açıklama olmadan geri gönderildi. Diğer biliminsanlarının yaptığı değerlendirmeler kötüydü fakat başta Academic Press ona bunları bildirme inceliğini bile göstermemişti. Neticede eline geçen önceden hazırlanmış bir ret mektubuydu.

Lynn çalışmaya geri dönüp yazdıklarını gözden geçirdi ve başka yerlere sundu. Bu sefer Yale Üniversitesi'nde takdirle karşılandı ve iyi bir yayına hazırlama sürecinden geçti. Neticede 1970 yılında *Origin of Eukaryotic Cells* [Ökaryotik Hücrelerin Kökeni] adıyla yayımlandı. 1967'de yayımladığı makalede "....Kökeni" şeklinde attığı başlıktan "üzerine" tabirini attı. Bu akıllıca ve mütevazı bir hamleydi. Böylece kitabın başlığını Darwin'inkini daha az hatırlatan bir şeye dönüştürmüştü. Yine de yazdığı kitap bir klasik olmasa da dönüm noktasıydı. Hücre biyolojisi ve evrimin derin tarihiyle ilgilenen birçok biliminsanı için *Origin of Eukaryotic Cells*, endosimbiyoz fikrini ve Lynn Margulis ismini onlara tanıtan eserdı. Bazıları deli olduğunu düşündü ama bazıları böyle düşünmedi.

Bu alışılmadık fikirleri öneren ilk kişi ne Lynn Margulis ne de Hans Ris'ti. En azından çalışmaları sırasında okuduğu E.B. Wilson'un eski kitabından öğrendiği kadarıyla, hücre organellerinin ataları olarak yutulan bakterilerden, tüm karmaşık canlıların basit organizmaların kombinasyonlarıyla oluştuğundan bahseden spekülasyonlar yüzyıla yakın bir süredir dillendirilmekteydi ama bu her zaman "kibar biyoloji topluluğu" içinde olmamıştı. İlki ve en sabiti olmasa da, bunlar arasında kendine özgü bir tınısı olan ses, Wilson'un bahsettiği ve Ris'in atıfta bulunduğu Rus birine aitti: Constantin Sergeevich Merezhkowsky.

Merezhkowsky 1855 yılında, o dönemde Romanov İmparatorluğu'nun parçası olan Varşova'da doğmuştu. Babası bir saray görevlisiydi ve dar görüşlü bir muhafazakârdı. Dokuz kardeş arasında en büyük erkek çocuk olan Constantin muhtemelen ebeveynlerinin beklentileriyle karşısına diktiği engellere ilk ve katıksız haliyle maruz kalmış kişiydi. Radikal bir öğrencilik dönemi geçirmiş, çara muhalif Rus devrimcilerine sempati beslemişti (1881'de çara suikast dü-

zenleyeceklerdi) ve hukuk yerine doğabilimlerini seçerek babasının pragmatik bir kariyer takip etmesiyle ilgili isteklerine karşı çıkmıştı. St. Petersburg Üniversitesi'nde öğrencilik yaptığı yıllarda, Merezhkowsky Beyaz Deniz'e düzenlenen bir yaz gezisine katıldı ve içlerinde poliplerle süngerler gibi amorf yaratıkların da olduğu omurgasız deniz canlıları ilgisini çekti. 22 yaşındayken *Protozoa*'lar üzerine bir makale yayımladı (tekhücreli ökaryotların oluşturduğu, içlerine amipleri de alan dağınık bir gruptu bu). Napoli Körfezi'ne kadar uzanan saha gezileri, ona yaşamın pek ilgi çekmemiş protoplazmik kümelerini incelemek için daha fazla olanak vermişti ve bir noktada kendi düşüncesine göre yeni bir sünger tipi bulmuştu. Varşova'daki haşın ve sert babanın bu keşif karşısında aynı heyecanı duymasını hayal etmek güçtü. Her halükârda Merezhkowsky yanılmıştı. Süngerinin başka ama daha büyük bir *Protozoa* olduğu görülmüştü.

1880'de mezun oldu, birkaç yıl Almanya ve Fransa'da seyahatler yaptı, ardından St. Petersburg'a döndü ve bir *privatdozent* vasfı kazandı; yani üniversite çevresi içinde bir tür serbest çalışan öğretim üyelerinden oldu. Olga isimli bir kadınla evlendi ve üç yıl sonra, o dönemde yine imparatorluğun parçası olan Kırım'a kaçtılar. Kırım Yarımadası'nın güney kıyılarında, dağların arkasında meyve bahçelerini gözetleyen bir pomolog –meyve yetiştirme bilimcisi– olarak çalışıyordu. Bu bilgiler içlerinde muhteşem Jan Sapp'ın da olduğu üç kişilik bir uzman ekibinin biyografik araştırmalarından gelmektedir; fakat Merezhkowsky'nin pomoloji becerilerini nereden aldığını Sapp ve meslektaşları bile söyleyememektedir. Şunu belirtmektedirler: “Merezhkowsky'nin kariyeri 1880 ile 1902 yılları arasında henüz oturmamıştı.”¹³⁵ Bir diğer deyişle 25'inden 47 yaşına dek, etrafta gezinmiş, orada burada, şu veya öteki şeyleri incelemiş ve masraflarını Tanrı bilir nasıl karşılamıştı. Üzümler üzerine araştırma yapmıştı. Omurgasız hayvanları inceleyen bir zoolog için tuhaf bir sapma olacak ama çocukların fiziki gelişimlerini incelemiş ve bedenlerini ölçmek için yeni bir yöntem tarif etmişti. Bu masum gelebilir ama daha sonra yaşanacak olaylar dikkate alındığında tüyler ürpertici bir görünüm taşıyacaktı. 1898'de yaşanacak yerel rezaletten bir adım önde davranarak birdenbire, yanına Olga'yla oğlu Boris'i almadan ve belki kılık değiştirerek Kırım'dan ayrıldı. Çocukları taciz etmekle suçla-

niyordu.

Merezhkowsky'nin sonraki durağı, "William Adler" adıyla düzenlenmiş sahte bir pasaportla gittiği California'ydı. Büyük olasılıkla ağır bir Rus aksanıyla konuşuyordu (Londra'da yayımlanmış olan ve sünger keşfiyle ilgili makalesine bakıldığında İngilizceyi gayet iyi yazıyordu) ve muhtemelen William Adler ismi kötü bir tercihti. Fakat bu California'nın altın çağıydı ve kendisini baştan yaratan tek seyyah kendisi değildi. Kaçaklık günlerinde *The Eearthly Paradise* [Dünyevi Cennet] ismini verdiği, *A Winter Night's Dream* [Bir Kış Gecesi Rüyası] gibi tutarsız bir altbaşlıkla çıkardığı fantastik bir roman yazmıştı. Daha sonra tasasız insanların keyif alması için Almanca "Bir Yirmi Yedinci Yüzyıl Masalı: Bir Ütopya" ismiyle yayımlanmıştı. Sanırım bu noktada bunları uydurmadığımı söylemekte fayda var. Jan Sapp'ın bunları uydurması veya hayal görmesi de imkânsızdır. Biyografiyi birlikte yazdığı kişilerden Mikhail Zolotonov, 70 Rus gazetesinde ve polisin gizli dosyalarında Merezhkowsky'nin pedofili davasını araştırmıştı.

Yüzyılın sonunda Merezhkowsky, zamanını önce Los Angeles'in güney sahillerinde bulunan bir araştırma istasyonunda daha sonra da Berkeley'de geçirmekteydi. Fantezi eserler yazmadığı vakitlerde deniz yaşamıyla ilgili çalışmalarına devam ediyordu. Her hücrenin kabuğu andıran bir silis duvarıyla çevrelendiği, tekhücreli bir alg türüne, diyatomlara odaklanmıştı. Diyatomlar olağandışıdırlar. Bu denli karmaşık ve geometrik anlamda düzenli şeylermiş gibi görünmemeleri gereken minik şeylerdir. Çoğunun içinde kloroplast vardır ve bu da aynı bitkiler gibi fotosentezle yaşadıkları anlamına gelir. Dış duvarları çok büyük bir çeşitlilik göstermesine, dekoratif nitelikte olmasına ve sınıflandırmaya fayda sağlamasına rağmen, Merezhkowsky bunları içsel anatomilerine bakarak ve kloroplastları da dahil ederek yeniden sınıflandırmaya başladı. Mikroskoptan bakıldığında tıpkı bakteri gibi görünen bu kloroplastların üzerinde durması belki onu yaşamının en büyük keşfine götürmüştü: Özümsemiş bakterilerin sadece fotosentez yapan alglerde değil bitkilerde de kloroplastlara *dönüştükleri*. Neticede bu fenomene *simbiyogenez* ismini vermişti ve bunu "organizmanın, simbiyozu yani ortakyaşıma

giren iki veya daha fazla varlığın kombinasyonu veya birleşmesiyle oluşması” şeklinde tanımlamıştı.¹³⁶

Basit haliyle *simbiyoz* sözcüğünün kendi başına çok daha eski bir geçmişi vardı ve kökenlerine bakıldığında insan toplulukları için kullanılmaktaydı. Biyolojik kullanımı ise 1879 yılına, Alman biyolog Anton de Bary’ye uzanmaktadır. Onun açısından bu terim, iki veya daha fazla sayıda farklı yaşam formunun bir tür birleşmesi veya birbirlerine yakın bir şekilde yaşamalarına karşılık gelmekteydi. Terimin kapsadığı ilişkiler asalaklıktan geçici ortaklıklara (iki taraftan birinin veya ikisinin birden fayda elde etmesi) ve Merezkhowsky’nin sonraları ileri süreceği türden yakın ve kalıtsal bir entegrasyona kadar uzanmaktaydı. De Bary örnek olarak bir likenin tek bir yarattığı değil en az iki arı türün simbiyotik birliğini temsil ettiğini fark etmişti: Algler veya mantarların içinde yaşayan siyanobakteriler. Tassızca, bir deniz anemonunun iğneli dokunaçları arasında yaşayan parazitlerden beslenen palyaço balıkları simbiyotik bir ilişkinin parçasıydılar. Fakat bir organizmanın kalıcı suretle diğerinin *hücreleri içinde* var olabileceği, hücreler kendilerini kopyaladıkça kendisini çoğaltacağı ve yeni, bileşik, kalıtım yoluyla aktarılabilen bir özdeşliğin parçası olabileceği düşüncesi bu fikri bir adım ileriye taşıyordu: Simbiyogenez.

19. yüzyılın sonlarında yaşamış kimi araştırmacılar, bu kloroplastlarla bağlantılı olasılığın üzerinde durmuşlardı. Aralarında de Bary’nin öğrencisi olan, saygın biliminsanlarından oluşan bir aileden gelmiş, yetişkinliğinin ilk yıllarında saha çalışmaları için Batı Hint Adaları’nda, Güney Amerika’da, Afrika’da ve Hint Okyanusu’nda kapsamlı seyahatler yapmış Alman botanikçi Andreas Schimper de vardı. Schimper Fransız sınırında bulunan, Ren Nehri’nin Almanya’yı Alsace’tan ayırdığı Strazburg’da büyümüştü. Fotoğraflardan biri onu genç, ağırbaşlı ve gözlerini dört açmış, sanki okul müsameresi için takılmış gibi görünen iri pala bıyığının ağırlığıyla ağırlaşmış biri gibi göstermekteydi. 1880’li yılların ortalarında henüz 30 yaşında dahi değilken, iki unutulmaz makale yayımlattı. Bunlardan birinde *kloroplast* terimini icat etmekte ve bu şeyler sıfırdan bitki sitoplazmaları içinden açığa çıkmak yerine kendilerini bitki

hücreleri içinde yeniden üretiyorlarsa, birleşik yapının “bir bakıma simbiyozu hatırlatacağı”nı söylemekteydi.¹³⁷ Bu Schimper’in pek ileri götürmediği bir benzetmeden, sesli düşünmeden ibaretti. Kısmen kelimenin gerçek anlamıyla değerlendirilemeyecek kadar tuhaf görünmesinden, kısmense erken bir yaşta, 45’inde Kamerun’un sıtmalı bölgelerine yaptığı bir gezinin sağlığını harap etmesi sonucu hayatını kaybetmesinden ileri götürememişti.

Merezhkowsky Schimper’in makalelerinden birini okudu ve şu işe bakın ki simbiyogenez fikri kendi ifadesiyle kafasında “tamamen kendiliğinden bir biçimde” canlanıverdi.¹³⁸ 1902’de Rusya’ya döndü ama işlediği gerçek veya sözde ahlaksızlığın anıları nedeniyle hoş karşılanmayabileceği, daha kötüsü mahkûm edilebileceği Kırım’a gitmedi. Bunun yerine kendisine Moskova’nın 500 mil doğusunda, Volga Nehri üzerinde yer alan Kazan Üniversitesi’nde bir pozisyon buldu. Yeniden *privatdozent* oldu. Üç yıl sonra Schimper gibi, bitkilerde kloroplastların kökeni üzerine eğilen ve açıkça simbiyotik teoriden bahseden Almanca bir makale yayımlattı. Bu makale, içinde siyanobakterileri (*siyanofit* diyordu) kalmaya gelmiş yabancılar olarak tarif ettiği 1905 tarihli meşhur çalışmasıydı. Sonraki 15 yılda yazdığı bir dizi makaleyle teorisini genişletti, ona bir isim verdi (simbiyogenez) ve bunun sadece kendisine ait olduğunu iddia etti. Uzun zaman önce ölmüş zavallı Schimper’i boş verin. Aslında Jan Sapp ve diğerlerine göre Merezhkowsky, Lynn Margulis ortaya çıkana dek, çok daha büyük bir fikre ait olan bu kısmi versiyonu (kloroplastların en azından adına bitki denen birleşik organizmalar içinde yakalanmış bakteriler olduğu) öne çıkarmada herkesten fazlasını yapmıştı.

Merezhkowsky’nin 1905’te yayımladığı makalede ufak bir alaycılıkla yazdığı gibi, bitkilerin nasıl oluştuğunu anlatan kabul görmüş düşünceye göre kloroplastlar hücrelerdeki içsel “organlar”dan ibarettiler ve normalde renksiz sitoplazma içinde “yavaş yavaş farklılaşarak” oluşmuşlardı.¹³⁹ Bu endojenöz teoriydi: Kloroplastlar bitki hücrelerinin içinde, içerideki materyallerle oluşup şekillenmişlerdi. Böyle olmadığını iddia ediyordu. İçeride büyüyen organlardan ziyade, çok uzak bir geçmişte hayvan hücrelerinin sitoplazmalarını işgal etmiş ve simbiyotik bir ortakyaşama girmiş “yabancıyapılar, yabancı

organizmalar”dı.¹⁴⁰ Bu teoriye göre bitki hücresi, içine fotosentetik bakterilerin girdiği bir hayvan hücresinden başka bir şey değildir. Bitki krallığı simbiyogenez yoluyla hayvan krallığından türemiştir. Ona göre bu birkaç kez, birbirinden bağımsız birkaç birleşme yoluyla gerçekleşmiştir. Bitki krallığının birbirinden ayrı sayısız kökeni olduğu düşünüldüğünde, sayıları belki de 15’i bulmaktaydı. Hayvan krallığının nasıl oluştuğu, ağırlıkla görmezden geldiği ayrı bir soruydu.

Sıkı argümanlarla dolu on sayfanın ardından, Merezhkowsky hücrelerin kökeniyle ilgili literatürü okumuş kişiler için meşhur olmuş ama geri kalan herkes için bilinmeyen ve anlaşılmazlığını sürdüren şu hafızalara kazınacak pasajla sözünü bitirmekteydi:¹⁴¹

Gözünüzün önüne bir pınarın kenarında huzurla büyüyen bir palmiye ağacı getirin. Yanında kendisini çalılıklar içine gizlemiş, gerili kasları ve kana susamış gözleriyle bir ceylanın üzerine atlayıp onu boğmaya hazır bir aslan olsun. Bu sahnede saklı en derin gizemleri sadece ve sadece simbiyotik teori açığa serer. Birbirinden alabildiğine farklı olan bu iki yapıyı, yani palmiye ile aslanı yan yana getirecek temel ilkeyi sadece o açığa serip aydınlatır.

Peki, simbiyogenez palmiye ağacıyla aslanı nasıl açıklar? Ağaç barışçıl bir şekilde hareket eder çünkü güneş ışığından beslenen o pasif ve küçük işçileri (o itaatkâr “yeşil köleler”i¹⁴²) kendi bünyesinde taşır. Aslanınsa ete ihtiyacı vardır. Bu yüzden öldürür. Ama bekleyin: Merezhkowsky’nin önerdiği gibi aslandaki tüm hücrelerin kloroplastlarla dolu olduğunu hayal edin. Aslanın güneş enerjisinden beslenmesini sağlarlardı. Kloroplastlarla donatılınca, “hiç şüphem yok ki hemen palmiye ağacının yanına tokluk hissi ve barışçıl bir şekilde uzanır, yahut en fazla mineral tuzlu suya ihtiyaç duyardı”.¹⁴³

Alın size yeşil bir aslana yetecek diyet: Güneş banyosu ve Gatorade.*

Hoş bir fikirdi ama yanılmıştı. Çağımızın bazı uyanık biyokim-

yagerleri tarafından belirtildiği gibi, bir aslan eşit kütleyle sahip bir bitkiyle kıyaslandığında çok ama çok daha az bir yüzey alanına sahiptir (yanlara açılan o büyük palmiye yapraklarını veya bir meşe ağacının saçaklarını düşünün). Dolayısıyla derisini adeta Liberace'nin* üzerindeki açık yeşil ve pullu takım elbise gibi kloroplastlarla doldurmak, aslana yaraşır güçlü bir yaşama yetecek miktarda gün ışığını yakalayamaz. Enerji girdisi yetersiz kalacaktır. Aslan, zayıf pilli Energizer Bunny** gibi uyuşukluğa düşecek, hareketsiz kalıp inlemeye başlayacak ve zayıflayacaktır.

Simbiyogenez üzerine yazdığı bu makaleler Merezhowsky'ye bilimsel bir itibar getirmedeği gibi barışçıl bir sükûnet de getirmede. Etsiz kalmış, klorofili dahi olmayan bir aslandı, aç ve kötü durumdaydı. Siyasi görüşleri soldan sağa kaymış ve Kazan'da geçirdiği yıllarda çarın baskıcı, anti-Semitist gizli polisi için gizli muhbirlik yapar olmuştur. Terfi alacak bir Yahudi meslektaşını gammazlamıştı. Görünüşe göre çocukları "ölçmeye" devam ediyordu. 1914'te Rusya'dan ikinci kez firar etmiş, arkasında 26 küçük kıza tecavüz ettiği, bunlardan en az birinin öğrencisi olan bir kız olduğuyla ilgili büyük bir skandal bırakmıştı. Kazan'da ve St. Petersburg'da cezai davalar açıldı. Suçlamalar asla mahkemeye taşınmadı, dolayısıyla bunlar mahkûmiyet değil, suçlamalardan ibaretti. Fakat muhtemelen belli bir dayanağı da vardı. Fransa'ya gitti ve yazmaya devam etti. Sadece simbiyogenez üzerine makaleler yazmakla kalmayıp, içinde bilimkurgusal tuzaklarla dolu, "yedi boyutlu salınımlı bir evren" in, spiritüalizmin, ateizmin ve soy ıslahının yanı sıra kozmik evrimsel teoremin olduğu baş döndürücü felsefi kitaplarının birini daha yayımladı.¹⁴⁴ Son yılindaysa, kendisini dünyanın kurtarıcısı olarak öne attığı *Instructions for My Disciples* [Müritlerim İçin Talimatlar] adlı kısa bir taslak kaleme aldı. Çağının L. Ron Hubbard'ıydı***, çılgın ve megalomanyak biriydi ama kendisini başarıyla pazarlamaktan veya meşhur takipçilerden

ABD'li sahne sanatçısı, piyanist, şovmen. 1950'lerden 1970'lere kadar şöhretinin zirvesini yaşayan Liberace sahnedeki abartılı kostümleri ve şovmenliğiyle hatırlanır. (Y.N.) Enerji Verici Tavşan. (Ç.N.)

Lafayette Ronald Hubbard (1911-1986): Amerikalı bilimkurgu yazarı, işinsanı ve özellikle ölümünden sonra dinî bir akıma dönüşen scientology'nin kurucusu. (Y.N.)

yoksundu. Jan Sapp'ın en derin bilgileri bile kazıp çıkaran Rus ortağı Mikhail Zolotonosov bile Olga ve Boris'e ne olduğunu bilmiyor gibiydi. Merezhkowsky son bilimsel makalesi olan "The Plant as a Symbiotic Complex" [Simbiyotik Bir Kompleks Olarak Bitkiler] adlı makalesini 1920 yılında Fransızca yayımladığında, yaktığı fitilin ucuna gelmiş durumdaydı.¹⁴⁵

O zamana dek Cenevre'ye taşınmış ve güzel bir otele kapanmıştı. Simbiyogenez üzerine bazı seminerler vermeye çalışmış fakat üniversitedeki botanikçi profesörlerden biri, muhtemelen onu alçak veya güvenilmez bir tip olarak gördüğü ve çok büyük ihtimalle ikisi birden olduğundan ona engel olmuştu. Büyük Savaş'ın yeni bittiği o günler çoğu kişi için zor zamanlardı ve özgeçmişi yavan, teorileri alışılmadık, büyük sanrıları olan sürgün Rus biyologları için bilhassa zordu. Beş parasız kalınca, Merezhkowsky bunun suçunu savaşa atmıştı. O noktada berraklıkla görebildiği şeyler sadece kloroplastlar ve yaklaşan sonuydu.

Sapp'ın grubu, 11 Ocak 1921'de Cenevre gazetelerinden *La Suisse*'de yayımlanmış ve alışılmadık ayrıntılarla dolu bir ölüm ilanı buldu. İki gün öncesinde otel görevlisi Merezhkowsky'nin kaldığı 58 numaralı odanın kapısının altından atılmış mektubu fark edince, polis çağırılmıştı. Mektupta şu uyarıda bulunulmaktaydı: "Odama girmeyin. İçindeki hava zehirli. Birkaç saat girilmesi tehlikeli olacak."¹⁴⁶ Polis gerektiği gibi iki saat kadar bekledi. Ardından içeriye girip, Merezhkowsky'nin itinayla tertiplemediği ortamı ve cansız bedenini buldular.

Kloroformla birkaç çeşit asidi karıştırmıştı. Bu karışımı yatağının üzerindeki duvara adeta serum gibi astığı bir kabın içine boşaltmıştı. Koluna iğne takmak yerine yüzüne maske geçirmişti. Fakat önce odayı kapatmış, uzanmış ve bir kolunu serbest bırakacak şekilde kendisini yatağa bağlamıştı. Kendinizi nasıl yatağa bağlarsınız? Merezhkowsky cesur biriydi. Nasıl böyle öldürücü bir reçete hazırlarsınız? Merezhkowsky bir biliminsanıydı. Sapp ve meslektaşları bunun bir bakıma ayinsel bir intihar olduğunu, onun sanrılı metafiziğiyle bağlantılı olduğunu düşünmekteydiler. Belki de öyleydi. *La Suisse*'e göre olay yerindeki sulh hâkimi, kordona tutturulmuş Latince bir

yazı bulmuştu. Belki ezoterik zırvalardan ibaretti veya gösterişli bir şekilde ifade edilmiş nihai bir çaresizlik haykırışıydı. Fakat Merezhkowsky'nin Cenevre polisindeki dosyası yok olunca Latince not da kaybolmuştu. Ayin olsa da olmasa da planını yapmıştı. Yüzüne maskeyi geçirmiş ve vanayı çevirmişti.

Bu tuhaf bir yaşam için dehşetli bir son olmuştu fakat muhtemelen Constantin Merezhkowsky'nin öyküsü içinde en tuhaf nokta, bitkilerdeki kloroplastların kökeni üzerinde durduğu çalışmasında, yani simbiyogenez teorisinin sacayağını oluşturan meselede haklı olmasıydı. 54 yıl sonra fikri, Carl Woese'ın icat ettiği metodolojinin kullanımı ve moleküler verilerle doğrulanacaktı.

Bu sahada belli bir ilgi eşişinin üzerine çıkmış öncü teorisyenlerden diğeri Amerikalı Ivan E. Wallin'di. İsveçli göçmen bir ailenin oğluydu ama mısırla beslenen orta batılılardan biriydi. Iowa'da doğmuştu ve nihayetinde Colorado Üniversitesi Tıp Fakóltesi'nde anatomici olmuştu. Wallin'in 1920'li yıllarda yayımladıkları, aynı kendisinden önce Merezhkowsky'ninkiler gibi, Lynn Margulis'in ilk çalışmalarında tartışılacak kadar olmasa da bahsedilecek kadar bilinirliğe sahipti.

Wallin, Merezhkowsky'ninkinden farklı ama onu tamamlayan bir endosimbiyoz versiyonu ortaya atmıştı. Sadece bitkiler ve alglerdeki kloroplastlarda değil, tüm karmaşık organizmalardaki mitokondrilerin de yakalanan bakterilerden türediğini iddia etmekteydi. Hatırlayacağınız üzere mitokondriler, besin maddeleri ile oksijeni yakan hücrelerde, enerjiyi hücrenin yaşamına yakıt olması için ATP birimlerine dönüştüren (enerji taşıyan moleküllere çeviren) küçük partiküllerdir. Başka hizmetler de yerine getirirler ama Wallin de başkaları da bu işlevleri henüz açığa çıkaramamışlardı. Wallin daha çok kökenleriyle ilgileniyordu. Bir mikroskopa mitokondrilere ba-

kıp bakterilerle aralarındaki benzerliği çarpıcı bulmuş ilk biyolog kendisi değildi. Fakat onun için bu bir araştırma programının düğüm noktası olmuştu. Nitekim yorucu bir deney seferberliğine girerek bu benzerliğin tesadüfi olmaktan fazlasına işaret ettiğini kanıtlamaya koyuldu.

Eski araştırmacılardan en az biri tarafından bahsi geçen ama asla ikna edici bir şekilde geliştirilmeyen bu fikir, yani mitokondrilerin içselleştirilmiş bakterilerin soyundan geldiği düşüncesi onu 1920’li yıllardan itibaren büyüleyen bir şey olmuştu. Bir deneysel soruşturmalar dizisi başlattı. Araçları gayet basitti. Kendi çağının temel mikroskopi ve mikrobik kültürleme temellerinden ibaretti. Kendisine hibe edilmiş bir fonu yoktu, sadece zengin bir haminin kendisine “zaman zaman” verdiği bir miktar para vardı. Yanında hiçbir iş arkadaşı veya mezun öğrenci yoktu. Sadece bir çift teknik asistanı vardı ve birisinin ismi Ivan’dı. Colorado’da Doğu Sahili’ndeki önde gelen hücre araştırmaları merkezlerinden coğrafi anlamda yalıtılmış bir durumdaydı ve açık ki (Darwin de dahil olmak üzere birçok bilimsanının yaptığı gibi) meslektaşlarıyla posta yoluyla yakın ilişkiler kurarak bu yalıtılmışlığı kırmamıştı. Laboratuvarı tıp fakültesindeki sınıfların arkasında bir kulübeden ibaretti. Çalışmaya koyuldu ve 1922 ile 1927 yılları arasında dokuz makale üretmiş, ardından bir kitap yayımlamıştı. Bu çalışmalarıyla mitokondrilerin bakteriyel ortakyaşarlardan türemekle kalmadığını, bu ortaklığın yaşamın tarihsel seyri içinde sürekli değiştiğini iddia ediyordu.

Esas aşamalarından birini, mitokondrilerin bakteriyel kökeninin oluşturduğu bu geniş fenomene süslü bir terim bulmuştu: *Simbiyotizm*. Simbiyotizmi derin ve “mutlak” bir simbiyoz olarak tanımlıyordu.¹⁴⁷ Bir yaratığın başkasının hücrelerinde konakladığı ve içerideki ortağın her zaman bir bakteri olduğu bir ilişkiydi bu. Esasında Merezhkowsky’nin simbiyogenez olarak adlandırdığı şeyle aynıydı. Wallin kendi etiketine ihtiyaç duyuyordu. Yeni bir jargon yaratmaya duyduğu tutku ve kafasındaki fikrin çıkarımlarıyla ilgili ucu bucağı olmayan iddiaları onu kendi çağında reddedilen biri haline getirdi ve uzun solukta ismini dipnotlara attı. 1927’de bir dizi makaleden hemen sonra, deneysel bulgularını ve kuramlarını derleyip *Symbionti-*

cism and the Origin of Species [Simbiyotizm ve Türlerin Kökeni] adlı bir kitap yayımladı. Artık başlıktaki çağrışımı fark eder hale gelmiş olmalısınız. Margulis'in 1967'de yazdığı yazının başlığında olduğu gibi, Darwin'in ayak izlerini takip ettiğini ima etmekteydi. Hatta çok daha ötesini iddia ediyordu: "Fikirlerim yeryüzündeki çeşitliliğin, karmaşıklığın ve adaptasyonların kökenlerini Darwin'den çok daha iyi bir şekilde açıklamaktadır."

Simbiyotizm Wallin'in ilanıyla, "türlerin kökenini kontrol eden temel ilke"ydi.¹⁴⁸ Darwin'in 1859'da ortaya attığı doğal seçim fikri, sadece açığa çıktıktan sonra türlerin yok oluşunu veya muhafazasını belirleyen ikincil bir düşünceydi. Oysa daha iyi ve daha karmaşık formların evrimsel gelişimine karşılık gelen üçüncü bir güç, "bilinmeyen bir ilke" vardı.¹⁴⁹ Simbiyotizm radikal ayrışma noktaları yaratarak yeni türlerin oluşmasını sağlamıştı. Doğal seçim bu yenilikler arasında en kötü olanları, en az ümit vaat edenleri ortadan kaldırıyordu. Bu üçüncü bilinmeyen ilke neydi peki? Wallin söylemiyordu.

Kendisini hep ampirik bulgulara adanmıştı, tabii bunu yapmadığı zamanlar hariç. Bu ve diğer sebeplerden ötürü *Symbionticism and the Origin of Species*, Ocak 1927'de sunduğu onca görkemli savıyla donuk bir gürültü kopardı.

Dost canlısı değerlendirmelerden birine göre "Dr. Wallin'in yazdıkları büyük ilgi çekmiş ama çok az coşku uyandırmıştı".¹⁵⁰ *Nature* dergisinde yayımlanan çarpıcı bir incelemeyle Colorado'daki yaratıcılık Londra'da küçümsenmek demekti. Ivan E. Wallin "bizden" mitokondrilerin bakteri olduğuna "inanmamızı istiyor" ve "türlerinin kökeninin esas olarak bu bakteriyel ortakyaşarların faaliyeti sayesinde gerçekleştiği"ni iddia ediyordu.¹⁵¹ İncelemeyi yapan kişinin alaycı tabiriyle bu sürece, "yeni ve korkunç bir sözcükle 'simbiyotizm' denmekte"ydi. Görünüşe göre bu yaralayıcı retler Wallin'in araştırma tutkusunu yok etmişti ve sonraki 24 yıl boyunca, emekli olana dek kendisini anatomi dersleri vererek avutmuştu.

1960'lı yılların ortasında Wallin'in fikirleri, Merezhkowsky'nin kiler ve endosimbiyozu ilk kez tespit eden diğer kişiler kötü bir şöretin de ötesine geçerek unutulmaya yüz tutmuşlardı. O dönemde eğitim alan genç bir biyolog olsaydınız ve şans eseri Wisconsin'de

olup Hans Ris'ten ders almasaydınız muhtemelen bu çılgın düşüncelere asla maruz kalmaz, bu isimleri asla işitmezsiniz. O yıl çok daha geniş bir argüman için mazide kalmış endosimbiyoz teorilerinden bahseden bir biliminsanı bunları “kesinlikle ölü fikirler” olarak adlandırmaktaydı.¹⁵² Bir yıl sonra Lynn Margulis'in makalesi (Sagan soyadıyla yayımlattığı yazı) geri dönüşlerini ilan edecekti.

Mitokondrilerin ele geçirilmiş bakteriler olduğunu söyleyen fikrin kökeni Wallin'e uzanmaktaydı ve Margulis bunu biliyordu. Kloroplastların ele geçirilmiş bakteriler olduğunu söyleyen fikirse Merezhowsky'ye aitti ve Margulis yine bunun farkındaydı. 1967'de yazdığı makalede bir şey daha eklemişti: Ökaryotik hücrelerde, muhtemelen yine kökenini endosimbiyozdan alan başka bir unsuru dahil etmişti. Yaptığı ilave birbiriyle ilişkili olduğunu düşündüğü üç özellikten oluşuyordu: *Euglena gracilis* (tezini bunlar üzerine yazmıştı) gibi ufak yüzücü ökaryotların kamçıları; bedenlerimizdeki hücreler de dahil olmak üzere hemen hemen tüm ökaryotik hücrelerden dışarı doğru uzanan siliyalar, yani küçük tüyler; ve öncesinde bahsettiğim, hücrelerde bulunan sentriyol isimli ufak yapılar. Kamçılar tekhücreli organizmaların sıvı içinde, aynı bir balığın kuyruğu gibi kendisine güç verip ileri geri hareket etmelerini sağlayan ipliklerdi. Siliya (Latince “kirpik” anlamına gelmektedir) memeliler dahil büyük ökaryotlarda bir dolu önemli rol oynamaktadır. Örneğin mukusun ve istenmeyen döküntülerin soluk borusunda hareket ettirilmesi bunlardan biridir. Sentriyoller ise hücre bölünmesi sırasında kromozomların düzenlenmesi ve dağılımına yardımcı olan silindirik yapılardır.

Kamçı, siliya ve sentriyoller sadece birbirleriyle değil, spiroket denen bakteri grubuyla da belli benzerlikler taşır. Spiroketler genelde uzun, spiral veya tirbuşon şeklinde olup, hareket etmelerini sağlayacak bükülmeler yapabilirler. Nereye gittiğini görebiliyor musunuz? Birçok spiroket parazitik, diğer yaratıkları işgal ederler ve insanlarda frengi, piyan, leptospiroz* ve Lyme hastalığı gibi sıkıntılara yol açarlar. Margulis'in yenilikçi fikri, ökaryotik hücrelerdeki bu di-

ğer üç hayati mekanizmanın (kamçılar, siliyalar ve sentriyoller) da yakalanan bakterilerden geldiğini söylemesidir. Belki kendi iddiasıyla, aynı spiroketler gibi kıvrak ve hareketli şeylerdi.

Hipotezinde ilk ökaryotlardan, kadim bir amiboid yaratığın bunu yiyerek kıvrımlı şeyler edindiğini öne sürmüştü. Ya da belki kıvrımlı şeyler kendilerini ökaryotik hücrelerin dışına tutturmuşlardı. Sindirilip (eğer içeridelerse) içsel bir parazit olarak zarar vermek yerine yahut (dışarıdan tutunmuşlarsa) önemli örneklerden en az birinde silkelenip atılmak yerine evcilleştirilmiştir. Yapışmış, sabit kalmış ve asimile edilmiştir. Genlerinden bazıları, Margulis'in fark ettiği belli bir yapısal özelliğin kodlarını taşıyan genlerle birlikte, konağın kodlayıcı genomlarıyla bir şekilde tek parça olur. Bu genler üç amaca hizmet eder: Her biri ökaryotik soylar için görkemli ve yeni olasılıkların açılmasına yardımcı olmuş kamçıların, siliyaların ve sentriyollerin inşası.

Spiroketler kötü şöhretleriyle ve genel olarak iğrenç patojenler olarak görülmeleriyle, karmaşık yaşamın yükselişinde eş olarak seçilmesi mantığa aykırı yaratıklardı. Bu Lynn Margulis'in cesaretini kırmamıştı. Oldukça ikna edici bulduğu yapısal bulgular kenara konulduğunda, bu fikir şoke edici ve aşırıya kaçan bir özelliğe sahipti.

Eğer doğruysa son derece önemliydi. Bazı bakterilerin basit kamçıları vardı. Bunlarla sıvı ortamlarda kendilerini ileri itiyorlar, acemice çekici şeylere yaklaşıyorlar veya itici şeylerden kaçıyorlardı. Fakat ökaryotik hücrelerin kamçıları (ve siliyaları) bu bakteriyel versiyonlarından tamamen farklıydı. Farklı bir hareket türü üreten çok farklı bir itici güçten yararlanıyorlardı, potansiyel anlamda çok daha hızlıydılar ve daha etkin bir yönelime sahiptiler. Şayet yaşanan buysa, spiroketlerin ökaryotik hücrelerin dışına kamçı ve siliya olarak eklenmesi, çok daha büyük bir hareketlilikle karmaşanın ilk büyük adımı olmuş olabilirdi. Siliya diğer şeylerin yanı sıra, çokhücreli yaratıkların iç yüzeylerinde sıvıların hareketini de kolaylaştırmaktaydı. Dahası Margulis'in düşüncesine göre bir şekilde bu spiroketlerden türeyen sentriyollerin eklenmesi, iki yeni kapasitenin gelişmesine imkân tanımıştı: mitoz ve mayoz. Sistematik kopyalanma ve kromozomların bölünmesi. "Etkinleştirici mayoz" ifadesi kulağa yavan gelebilir, bu yüz-

den başka şekilde söyleyeyim: Bahsettiğimiz şey cinsiyetin icadıdır.

İma ettiğim, Margulis’i bu üç gelişmenin birbiriyle ve bazı spirokete benzer bakteriyel ortak yaşamla ilişkili olduğuna ikna eden yapısal özellik gayet basittir. Ana hat olarak kalın bir yardımcı kablo hayal edin. Sanayi tipi bir testereyle bu kabloyu kesin (elbette önce kablodaki elektriği kapatın) ve çapraz kesitini inceleyin. İçine baktığınızda düzenli bir halka içinde bir araya getirilmiş dokuz küçük kablonun kesik uçlarını görürsünüz. İşte Margulis’in elektron mikroskobuyla gördüğü şey buydu: Kamçılar, siliyalar ve sentriyollerin tümü, dokuz küçük borucuğun oluşturduğu düzeni paylaşıyordu. Çapraz kesitte birbirinden ayrılıyorlar ve aynı saatteki rakamlar gibi merkezden çevreye doğru sıralanıyorlardı. Ökaryotik hücrelerin bu özelliği, en yaygın haliyle antik bir spiroketi ortak yaşar olarak içlerine almasından, bunun siliyalara, kamçılara ve sentriyollere dönüşmesinden sonra kazandığını çıkarsamıştı. Başka mantıklı bir sebep görünmüyordu, –tesadüf müydü? Hayır– bu üç anatomik özellikten her birinin, bir daire içine sıralanmış dokuz (sadece dokuz) iç borucuk taşıması tesadüf olamazdı. Kabil’in damgası gibi silinemez bir özellikti bu. Ayrıca ökaryotik hücrelerin kamçıları ve siliyalarında, dokuz borucuklu tertipli halkanın içinde iki ek borucuk daha vardı. Buna (9+2) yapısı adını vermişti. Hücrelerde, böyle merkezî bir çifti olmayan sentriyoller ise (9+0) yapısı taşımaktaydı. Margulis’in değerlendirmesine göre ikna edici olmaya hâlâ çok yakındı. Dokuz borucuklu yapılanmanın tamamı, ona göre ya doğrudan spiroketten gelmişti ya da daha erken bir dönemde ortak atalardan evrimleşerek oluşmuştu.¹⁵³ Dahası bakterilerdeki kamçılarla ökaryotlardaki kamçıların arasındaki fark, ileride tespit edeceği gibi öyle basit ve açıklayıcıydı ki ikincisine farklı bir isim vermek şart olmuştu. Eski bir ism canlandırmayı seçti. 1980’lerden itibaren ökaryotlardaki kamçıları ve yanlarındaki siliyaları *undulipodia* olarak adlandırmaya başladı. Latince *undula* ve Yunanca *podos* kelimelerinden oluşan bu sözcüğün anlamı şuydu: “Küçük sallanan ayaklar.”

Küçük ayaklarını bize benzerliklerini gösterecek şekilde sallayan, o küçük *undulipodia* özelliği taşıyan ökaryotları gözünüzde canlandırabilirsiniz.

Öykünün bu kısmında belirtilmeye değer olan, aksi durumda

biraz esrarlı görünebilecek iki husus vardır. İlk olarak Lynn Margulis, eski ekole bağlı bir hücre biyoloğu ve mikrobiyologdu. Klasik yöntemleri takip ettiği için, esas olarak organizmanın tamamıyla bağlantılı görsel bulgular üzerinde çalışıyordu: Laboratuvarında böcekler yetiştiriyor, yabani hayattan yeni formlar topluyor, bunlara ışık mikroskobu altında bakıyor veya meslektaşlarının ürettiği elektron mikrografları inceliyordu. Kendisinin de söylediği gibi elektron mikroskobisindeki son gelişmeler bu kavrayışlardan bazılarını mümkün kılmıştı. Ayrıca paleobiyoloji, biyokimya ve jeokimya üzerine derin bilgi sahibiydi. Bilimsel kitleler için yazdığı kitaplar, örneğin 1970 tarihli *Origin of Eukaryotic Cells* ile 1981 tarihli *Symbiosis in Cell Evolution* [Hücre Evriminde Simbiyoz], bulgularını şematik formla gözler önüne seren canlı çizimlerle doluydu. Ayrıca mor sülfür bakterilerden tütün yapraklarındaki kloroplastlara, bir termitin arka bağırsağındaki spiroketlerden insan hücreleri içinde şekillenen sentriyollere kadar her tür canlı şeyin mikroskobik yapılarını açığa sermiş fotoğraflar vardı. Bu görselleri taramak, karmaşık yaşamların hücre yapılarına ve ilkel başlangıçlarına derinlemesine bakmak başınızı döndürmeye yeterdi. Mikrobiyolog olmayan biri için –yani sizin ve benim için– protoplazmayla boyanmış soyut bir resme bakmak gibidir. Fakat en azından AAUUUUSAUUSG gibi uzun harf dizileriyle sersemlemezsiniz. RNA katalogları tercih ettiği veriler değildi. Kendine has çalışmalarından bazıları, moleküler filogenetikte yaşanan Woese’cı devrimden önceye uzanıyordu, fakat bu devrimin yaşandığı günlerde ve sonrasında bile bu tür bulgulara çok az ilgi gösterdi.

İkinci dikkat çeken husus, Margulis’in üç elemanlı endosimbiyoz teorisinde sadece tek bir hususun özgün olduğunu iddia etmesiydi. 1981’de çıkardığı ciltte şöyle yazıyordu: “Bu kitapta sunulan önemli kavramların her biri başkaları tarafından geliştirilmiştir”¹⁵⁴ – tabii biri hariç. Merezhkowsky’ye, Wallin’e ve konuyla ilgili ilk spekülasyonları yapmış başka isimlere teşekkür ediyordu. Bu öncü isimleri kendisine tanıttıkları için E.B. Wilson’a ve eski öğretmeni Hans Ris’e saygılarını sunuyordu. Kendi düşüncesi içinde daha önce başkaları tarafından ifade edilmiş birçok unsurun –mitokondrilerin yakalanmış bakteriler olduğunu söyleyen tezden, büyük evrimsel dönüşümleri tetiklemede endosimbiyozun rolüne işaret edenlere ka-

dar– hepsini tek tek sayıp sıralıyordu. Bunların hepsini teslim ettikten sonra, gururlu bir şekilde şu tek fikrin sadece kendisine ait olduğunu savunuyordu: *undulipodia*'nın, yani o ufak sallanan ayakların bakteriyel kökenleri. Onların kökenini tahayyül etmiş ilk kişi kendisiydi. Gelirken hiçbir iyi amacı olmayan ama yapıştıktan sonra kalıp yardımcı olan spiroketler, kıvrımlı parazitler olduklarını söyleyen ilk oydu.

Tüm bu fikirlerin artık daha yeni yöntemlerle sınanabileceğini ekliyordu.

Öyle de oldu. Bilim ilerleyip Woese çağına girdi, beraberinde bulguları destekleyecek yeni formlar getirdi ve ortaya attığı çok radikal fikirlerden bazılarını daha fazla inandırıcılık kazandırdı – tek başına ait olan kısım hariç.

Uzakta Nova Scotia, Halifax'ın* soğuk diyarlarında yaşayan Ford Doolittle, Margulis'in çılgın fikirlerini fark etmişti ve bunlar ilgisini çekmişti. Bunların sınanmaya değer olduğuna karar verdi.

1970'lerin başında Doolittle asistan profesördü. Anca 30'lu yaşlarındaydı ve Dalhousie Üniversitesi Biyokimya Bölümü'ne yakın zamanda gelmişti. Pozisyonu Medical Research Council'dan** alınan bir bursla fonlanmaktaydı. Bu Fred Sanger ve Francis Crick'e destek çıkan Britanya kuruluşunun Kanada versiyonuydu. Doolittle pratik açıdan hiçbir şekilde tıbbi araştırmalar yapmıyordu fakat bunun önemi yoktu. Ribozomal RNA'lar ve hücre içinde DNA'dan deşifre edilerek kopyalanmaları üzerine çalışıyordu – özellikle uzun ve ham RNA moleküllerinin ribozomu meydana getirmek için 16S ve 5S molekülleriyle diğer kesitlere ayrılma süreci olan RNA olgunlaşması üzerinde durmaktaydı. Bunu daha önce, Denver'da post-dokto-

Kanada'nın eyaletlerinden Nova Scotia'nın (Yeni İskoçya) başkenti. (Ç.N.)
Tıbbi Araştırmalar Komisyonu. (Y.N.)

ra bursuyla okuduğu sırada keşfetmişti. Bu post-doktora, kabaca kendi yaşlarında olan ve bu öykünün ileri kısımlarında yine karşımıza çıkacak, genç ve akıllı bir biliminsanının, Norman R. Pace'in laboratuvarında geçmişti. Doolittle'in alanı biyokimyaydı fakat merakı artık evrime kaymaya başlamıştı. Aklında büyük sorular vardı: yaşamın tarihindeki büyük hadiseler nelerdi, karmaşıklık nasıl ortaya çıkmıştı, ökaryotik hücreler hangi kökenlerden türemişlerdi? Üç etmen bir araya gelip rotasını yeniden çizmişti ve bunlardan biri Margulis'in kitabıydı. Diğer ikisiyse siyanobakteriler (o günlerde kimi zaman hâlâ mavi-yeşil algler olarak adlandırılmaktaydılar) ve becerikli bir asistandı.

Ford Doolittle ciddi bir düşünür olsa da, zaman zaman bilimsel girişimler ve takip ettiği bilimsel kariyeriyle kendisi arasında kaprisli ve tuhaf bir mesafe koyardı. Bazı sohbetlerimizde bunların hepsinden bahsetmişti. Ofisinde oturduğum bir gün bana şunları söylemişti. "Dalhousie'ye geldiğimde ribozomal RNA olgunlaşması üzerine çalışmaya devam etmem gerekiyordu. Norm'da yaptığım şey buydu." İçinde belli enzimlerin yalıtıldığı teknik bir biyokimya çalışmasıydı. "Ve ben bir biyokimyager değilim." Böyle bir eğiliminin olmadığını kastediyordu. "Bu tür şeyleri yapmaktan nefret ediyorum." Dalhousie'de çalıştığı bölümde, siyanobakteriler üzerine çalışan gerçek bir biyokimyagerle tanışmıştı. "Kendi kendime, 'Ne sevimli renkler,' diye düşündüm." Kendi aktarımıyla hoş ve çeşitli mavi-yeşil tonlarla büyüyorlardı ve "eğlenceli"ydiler. Üzerlerinde çalışmak keyifli olmaz mıydı?

"Siyanobakteriler vahşi hayatta nerede yaşarlar?" diye sordum, bu görülmeyen varlıkları canlı yaratıklar olarak kavrama çabasıyla.

"Her yerde. Yani suda. Göllerdeki pisliklerin çoğu siyanobakteridir. Oxford'taki eski binalardan birinin kenarındaki yeşilimsi iz muhtemelen siyanobakteri." Oxford'ta okuduğumu ve eski bir binaının üzerinde yeşilimsi izleri bol miktarda gördüğümü biliyordu. "Yaygındırlar. Çok ilginç, farklı renkleri vardır. Bu yüzden siyanobakteriyel moleküler biyolojiyle ilgilenmeye başlamanın bir tür..." Tam olarak neden olduğunu düşünmek için duraksamıştı. Sadece tıp için değildi, sadece evrimsel sorular için de değildi. Doolittle

konuyu sevmiştii ve bir biliminsanıydı. Cesurca, “Kendi zevkim içindi,” dedi.

Ayrıca şansına, benzer çalışmalar yapan (yakın zamana dek algerle sınıflandırılmış siyanobakterilerin moleküler biyolojisi üzerine çalışan) iyi ve uluslararası bir bilim topluluğu vardı. Doolittle’in döneminde bu topluluğun lideriyse Roger Stanier’dı. Amerikan siyasetine duyduğu tiksintiyle 1971 yılında Berkeley’den ayrılan Stanier, sadece siyanobakteriler üzerinde çalışmasına izin verilme koşuluyla Paris’teki Pasteur Enstitüsü’nde çalışmayı kabul etmişti. Fakat bu siyanobakteri uzmanlarının hiçbirisi, Stanier bile ribozomların üretilmesini sağlayan RNA olgunlaşmasını –uzun moleküllerin işleve uygun hale getirilmesi için kesilme sürecini– incelememişti. Bu Norman Pace’in laboratuvarında geçirdiği zamanla Doolittle’in kendi ufak uzmanlık alanıydı. “Böyle olunca Norm’la yaptığım şeyi tekrarlayabileceğimi,” –bu sefer aynı şeyi siyanobakterilerle yapacaktı– “ve kolay bir hedefe ulaşabileceğimi düşündüm.”

Doolittle çeşitli siyanobakteri türleriyle çalışmaya başladı. RNA olgunlaşması ve biyolojinin başka unsurları hakkında bir çift makale yazdı. Bu makalelerden birinin karşılığında bizzat Stanier’dan kendisini tebrik eden bir not aldı. Stanier kendisine çok iyi bir iş olduğunu, ona bazı fikirler verdiğini söylemişti ve grubum için birkaç kopyasını lütfen gönderebilir misin diye sormuştu. Bu sahanın büyük isimlerinden birinden gelen çarpıcı bir övgüydü ve bir asistan profesör için çok sevindiriciydi. (Carl Woese daha sonra ona, not yüzünden kıskançlığa kapıldığını, Stanier’dan hiçbir zaman böyle övgü almadığını söyleyecekti.) Fakat Doolittle hâlâ seçtiği araştırma çizgisinde hırslı olmadığını, çok yükseklerle erişmediğini düşünüyordu. Tam da o dönemlerde Margulis’in kitabını okudu.

Endosimbioz teorisini çekici bulmuştu ve kitaptaki çizimlere de hayran kalmıştı. Bunlar László Mészöly isimli bir illüstratörün serbestçe çizip isimlendirdiği, tekhücreli organizmaları, simbiyoz olaylarını, hatta yaşam ağacını bile Doolittle’in “şık” bulduğu bir tarzla kâğıda dökmüş resimlerdi. Bu bir övgüydü. 1960’lı yıllar sona ermişti fakat kültürel dumanı varlığını korumaktaydı. R. Crumb *Rolling Stone* dergisinde halüsinojenik bir haber için bakteri yutan bir amip çizecek

olsa, muhtemelen Mészöly'nin çalışmalarına benzerdi. Doolittle çizime duyduğu istek, bu çizgi romanları andıran dokunuşun ciddi bilimlere taşınmasından hoşlanmıştı. "Sanırım şema çizmemi sağlayan ilhamın bir kısmı buradan gelmişti," diyordu. Yapacağı çizimlerin ileride yaşam ağacına ait daha radikal ve yeni bir görselin aktarılmasına yardımcı olacağı düşünülünce, önemli bir ilham kaynağıydı.

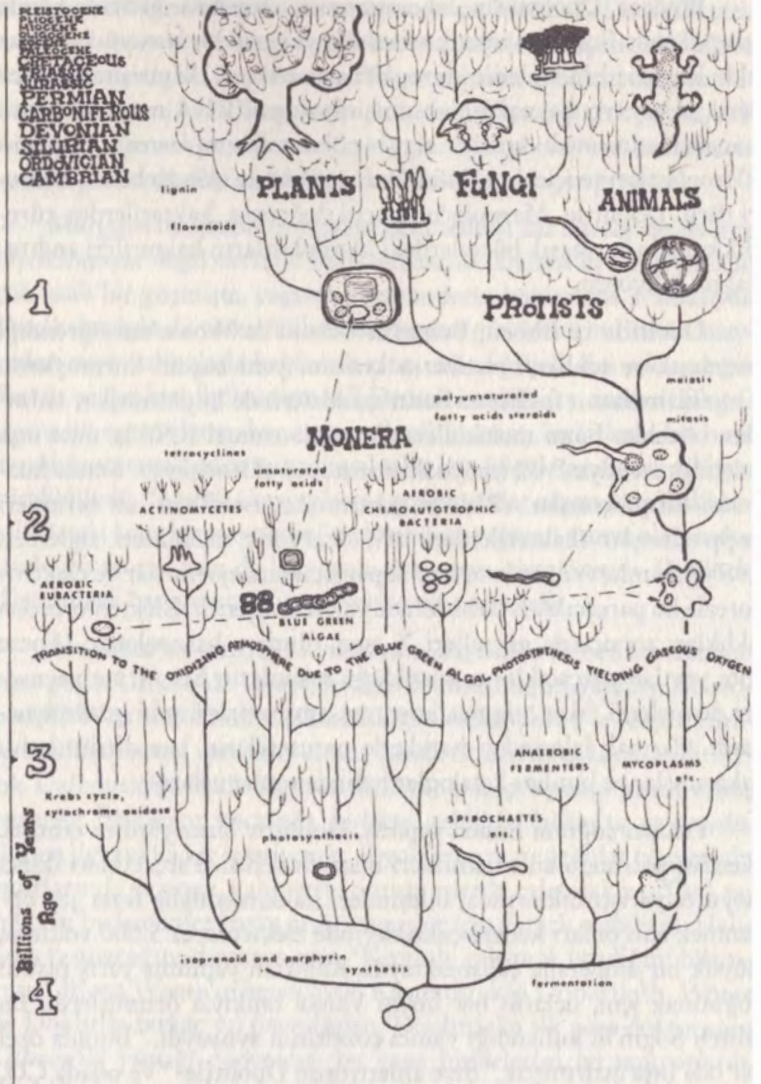
Margulis'in kitabının ilgisini çekmesinin bir sebebi de, sadece biyokimya ile değil evrimle ilgili olmasıydı. Dahası evrimin izlerini çok uzak bir geçmişte, yaşam ağacının derin köklerinde aramasıydı. Doolittle şöyle diyordu: "Bilirsiniz, benim gibi biri için fillerin suaygırları veya balinalarla bağlantılı olup olmadığı pek ilgi çekici değil. Bu tür şeyler bizi ilgilendirmez." Demek istediği şey, memeli filogenisine ait ayrıntıların, koca yaşam krallıklarının birbirlerinden nasıl ayrıldığını merak eden mikrobiyologlar için küçük fasulyeler gibi göründüğüydü. "Ancak ökaryotlar ve prokaryotlar arasındaki ilişki bakıldığında koca bir meseledir." Aykırılığına rağmen somut olan endosimbiyoz teorisi tam da bu sorunun alanına girmektedir. Doolittle düşünmeye başlamıştı: Hımm, bunu test edebiliriz.

Ardından bir gün, 1973 yılı civarında, Linda Bonen laboratuvarına girdi. Urbana'da Woese'in teknik asistanlığını yapmış, ribozomal RNA'ların dizilimini çıkarmak için elektroforez ve X ışını filmleri kullanmasına yardımcı olmuş Linda Bonen'in ta kendisiydi. Artık Dalhousie'de Fizik Eğitimi Bölümü'nde çalışmayı kabul etmiş egzersiz fizyologu kocasıyla birlikte geldiği Halifax'ta yaşıyordu. Bonen ilgi çekici bir iş istiyordu. Biyokimya ve moleküler biyolojinin sınırlarında gezinen, zahmetli ve zorlu işlerde çalışacak vasıflara sahipti ve bu beceriler başka araştırmacılar için yararlı olabilirdi. Halifax'a taşınacağını duyunca ona, "Kiminle çalışmak istediğini biliyorum," diyen Woese'in kendisiydi. Kastettiği kişi Doolittle'dı. Woese ve Doolittle birkaç yıl öncesinden, Doolittle'in ilk post-doktorasını Urbana'da yaptığı dönemden bu yana birbirlerini iyi tanıyorlardı. Aralıklı da olsa mektuplar ve telefonlar yoluyla iletişimlerini sürdürüyorlardı. Belki Woese ona Bonen adına olumlu şeyler yazmıştı, yahut Doolittle bir şekilde onun becerilerinden haberdar olmuştu. Ayrıntıları hatırlamıyordu. "Fakat ona geldiğinde, kim olduğunu ve ne yapabileceğini biliyordum," demişti.

Böylece Doolittle'in laboratuvarını meydana getiren küçük grup, Linda Bonen'in teknik asistanlığıyla yeni bir soruyu karşısına aldı: Karmaşık hücrelerde kloroplastların kökeni. İlk girişimlerinden biri, şu beş ayrı kaynaktan alınmış ribozomal RNA numunelerinin karşılaştırılmasıydı: kırmızı alg (bir ökaryot) sitoplazması, bu algin kloroplastları ve içlerinde bilindik *E. coli*'nin de olduğu birkaç bakteri türü. Doolittle, Margulis'in teorisi doğruysa, bakterilerden türedikleri için karmaşık hücrelerdeki kloroplastların bakterileri andıracağını biliyordu.

Doolittle ve Bonen, Bonen'in Urbana'da Woese'ten öğrendiği karmaşık ve tehlikeli tertibatın aynısını yeni baştan kurmuşlardı. Organizmalarını fosforsuz besin maddelerinde büyütmüşler, ardından böcekler bunu moleküllerinde ve ribozomal RNA'larında inşa edebilsinler diye P-32 (radyoaktif izotopu) eklemişlerdi. Sonra hücreleri kırıp açmışlar, rRNA'yı çıkarmışlar, istedikleri alt birimleri seçip almışlar (bakterilerden 16S, ökaryotik muadilleri alglerden 18S'yi), bunları enzimlerle küçük parçacıklara ayırmışlar ve elektroforezle bu parçacıkları birbirleriyle yarıştırmışlardı. Elektroforezden aldıkları sonuçlarla görselleri X ışını filmlere basmışlardı. Woese gibi yayılan parçacıkların görüldüğü resimlerin her birine parmak izi demişlerdi fakat çılgınca koşturan amip sürüsü gibi görünüyordular. Parmak izlerinden hareketle parçacıkların baz dizilimlerini çıkarmışlar ve bunları kataloglar halinde toplamışlardı.

Pis işin çoğunu Bonen yapmış, Doolittle biraz yardım etmişti. Kendisi patrondu ama teknikleri bilen Bonen'di. Parçacıkları ikinci boyutta yarıştırdıklarında, bileşimleri hakkında daha fazla şey öğrenmek için onları kenara çektiklerinde elektroforez 5.000 voltla ve büyük bir amperajla çalışmaktaydı. Kâğıttan yapılmış yarış pistini soğutmak için, uçların her birini Varsol tankıyla örtmüşlerdi. Bu Mitch Sogin'in kullandığı yanıcı çözeltinin aynısıydı. "Burada özel bir oda inşa ettirmiştik," diye anlatıyordu Doolittle. "Ve odada CO₂ tankları, devasa CO₂ tankları vardı." Karbondioksit neden ihtiyaçları vardı peki? "Varsol'da çıkabilecek yangınları söndürebilmek için," diye cevaplamış ve gülmüştü.



Margulis'in ökaryot ağacı, László Mészöly'nin çizimiyle, 1970.

Elbette CO₂'nin kendisi, yangın alarmıyla odanın atmosferine otomatikman dolduğunda insanları zehirleyebilirdi. “Oradan çıkıp gitmeniz için, alarmin çalması ve odanın CO₂ ile dolması arasında yaklaşık 30 saniyeniz vardı.” Eski yöntemlerin saçmalığına tekrar güldü.

Saçmalıklardan pek hazzetmeyen Bonen ise basitçe şöyle anlatıyordu: “Bu özel önlemlerin alındığı küçük bir laboratuvardaydık.” Kendisini patlatmak, güvenlik sistemiyle boğulmak veya radyasyon zehirlenmesine kurban düşmek yerine, istediği gibi parmak izlerini çıkarıyordu. Bu görseller dikdörtgen şeklinde ve büyük göğüs röntgen filmlerine basılıyordu. Her poz kaset olarak bilinen sıg bir plastik kutunun içinde yapılıyordu. Radyoaktif parçacıklar filme görsellerini aktarırken, kutu ona ışık geçirmez bir koruma sağlıyordu. Kasetler yerel bir hastaneden alınmış ikinci el ve kullanılmış malzemelerdi. Bonen parmak izlerini okumayı ve birbiriyle kıyaslamak için parçaların kataloglarını çıkarmayı öğrenmesi için Doolittle’a yardımcı oldu.

Buldukları sonuçlar net ve çarpıcıydı. Alglerin kendi sitoplazmalarındaki ribozomal RNA’lardan alınmış bu rRNA ölçümüne göre, kırmızı alglerdeki kloroplastların son derece farklı olduklarını bulmuşlardı. Doolittle ve Bonen sanki iki farklı biyolojik krallıktan gelen iki değişik yaratığa bakıyorlardı. Aslında öyleydiler. Böbrek nakli yaptıracak olsanız ve donör bir yabancı olsa, yeni böbreğinizdeki ribozomlarla diğer ribozomlarınız arasındaki fark, alglerden alınan bu kloroplastlardaki farkın yanına dahi yavaşamaz. Neden mi? Çünkü böbreğiniz başka bir insandan gelmiştir (ya da doktorlarınız ksenotransplantasyona başvurmuşlar, belki bir babun veya genetiği oynanmış bir domuzdan böbrek almışlardır ama her halükârda memeli böbreği takılmıştır). Fakat bu kloroplastlar, tamamen farklı bir yaşam krallığından gelme ksenotransplantlardır. İçinde işlevsel roller oynadıkları kırmızı alglerden ziyade, karşılaştırmak için seçilen yabancılarla yani bakterilerle daha fazla eşleşmektedirler. Bunun anlamı, Bonen ve Doolittle’ın yayımladıkları makalede sakın bir şekilde belirttikleri gibi, endosimbiyoz teorisinin temel noktalarından birinin doğrulanmış olmasıydı: Evet, bitkilerdeki kloroplastlar yakalanmış bakterilerden türemiştir.

Makalenin sonunda Lynn Margulis'e atıf yapmışlardı. Merezhkowsky'e atıf vardı. "Tavsiyeleri, teşvikleri ve yayımlanmamış bir dolu veri sunması" nedeniyle Carl Woese'a teşekkür ediyorlardı.¹⁵⁵ Doolittle belki metodolojisini Linda Bonen'in şahsında Halifax'a ihraç ettiği için de Woese'a müteşekkirdi. Belki özel konuşmalarında gerçekten teşekkür de etmişti.

Ford Doolittle ve Carl Woese'in arasında, Doolittle'in 1960'lı yılların sonunda post-doktora bursuyla gittiği Urbana'da temelleri atılmış eski bir dostluk vardı. Ortak ilgi alanları bu dostluğu beslemiş, zaman zaman işbirliği içinde çalışmalarıyla dostlukları güçlenmiş, zaman zamansa rekabetleriyle bu dostluk gerilimler yaşamıştı. Neticede Woese'in ileri yaşlarında, yaşam ağacı üzerine anlaşmazlığa girdiklerinde gerçekten karmaşık bir hal almıştı.

Urbana iki tesadüften ötürü hayatlarının dönüm noktasıydı. Woese'ten 14 yaş genç olan Doolittle, bu küçük Illinois kentinde Carl Woese oraya henüz gelmeden önce büyümüşü. Bahsettiğim gibi babası üniversitenin sanat fakültesindeydi. Doolittle Harvard Koleji'ne gitmek üzere kentten ayrılmıştı ve Woese'in kente geldiği 1964 yılında Stanford'da lisansüstü eğitimine başlamıştı. Dört yıl sonra artık doktora sahibi biri olan Doolittle, test tüplerinde RNA kopyalayarak ilginç ve ürkütücü deneyler yapmasıyla meşhur olmuş Sol Spiegelman'ın laboratuvarında post-doktora yapmak üzere Illinois Üniversitesi'ne dönmüşü. Bu deneylerin içinde, bizzat Spiegel-

man'ın tabiriyle “ufak canavar”ların yaratılması da vardı: Beher kaplarında kendisini sınırsız kuşaklar boyunca üreten, kendi kendisini kopyalayan sentetik RNA molekülleri. Sol Spiegelman aynı zamanda Woese'ı Illinois'de işe sokmuş ve Dave Bishop'un sorumluluğunda dizilimler çıkarması için Sanger'i getirmiş kişiydi. O da Mitch Sogin'i eğitmişti ve arkasından Woese'ın en önemli teknisyeni Linda Bonen olmuştu. Bu biliminsanlarının yaşadığı dünya, bu sayısız bağlantıyla ne kadar da küçük.

Doolittle'ın 1968'de Urbana'ya döndükten sonra post-doktora patronuyla kurduğu ilişki, aşırı yakınlık nedeniyle karmaşık durumdaydı: Spiegelman'ın oğlu Will, Doolittle'ın lisedeki en yakın ahbabıydı ve genç Ford yazları Dr. Spiegelman'ın laboratuvarında çırak bir asistan olarak çalışmış, cam eşyaları yıkama ve diğer gündelik, basit işlerle uğraşmıştı. Hayatındaki ilk bilimsel dokunuşları ona kazandıran bir dereceye kadar Spiegelman olmuştu ve sonrasında ona lisansüstü eğitim almasını tavsiye etmişti. Fakat Spiegelman güler yüzlü, babacan bir akıl hocasından ziyade korkutucu bir şahsiyetti. “Krep tabanlı ayakkabılar giyme ve P-32'yi pipetlerken gizlice arkamızda bitiverme gibi kötü bir alışkanlığı vardı,” diye anlatıyordu Doolittle. O günlerde laboratuvarında pipetleme yapma, sıvıyı cam bir pipete nefes yoluyla çekmeyi de içermekteydi. Laboratuvar teknisyeninin arkasına gizlice sokulan Spiegelman birden mırıldanmaya başlıyordu. “Böyle olunca bazen P-32'yi yutuyordunuz.” Doolittle yine güldü ve bu tuhaf anıyla ben de güldüm.

“İnsanlar ondan korkuyordu,” diye ekliyordu Doolittle. “Ondan korkmuyordum.” *Korkma* sözcüğü burada olayı tam karşılamamaktaydı. Neticede bu adam Will Spiegelman'ın parlak ve huysuz babasıydı. Fakat Doolittle Spiegelman'ın laboratuvarına 26 yaşında post-doktora yapan bir öğrenci olarak döndüğünde (her biriyle muhtemelen kötü bir kararı yansıtmaktaydı), eski ilişkilerindeki uyumsuzluk iki biliminsanı arasında asla daha eşitlikçi bir işbirliğinin önünü açmadı. Güdük bir formla varlığını korudu, bir bağdan çok bir engele dönüştü.

Bilimsel ilişkiler her zaman çalışmalar ve fikirlerin yanı sıra kişilerin şahsi kimyalarıyla biçimlenirler. Doolittle'ın bana aktardığı

kadarıyla, Sol Spiegelman laboratuvarın dışında rahat bir meslektaş olarak yan yana vakit geçirmekten keyif alabileceğiniz biri değildi. Hele Ford Doolittle'ın yerindeyseniz ve Spiegelman sizi sıkıca ergenlik günlerinizden beri tanıyorsa bu hiç mümkün olmuyordu. Fakat aynı bölümde Carl Woese adında, daha az ürkütücü, daha az mesafeli ve daha genç bir profesör vardı. Kibirli ve hırçın biri değildi. En azından o günlerde öyle değildi. "Woese'la dışarı çıkıp bir bira içebirdiniz," diyordu Doolittle. Olağan hali ve mizacıyla Woese, Spiegelman'ın öğrencileri ve Doolittle gibi post-doktora adayları için bir tür "sosyal ve duygusal bir akıl hocası" olmuştu.

Bu dostluk Woese ve Doolittle'ın bazen paralel projelerde çalışmalarıyla, bazen de rekabetçi bir ruhla ama fikirlerini ve yayımlanmamış verilerini paylaşmalarıyla 1970'li yıllar boyunca sürdü. Örneğin *Proceedings of the National Academy of Sciences*'in, Doolittle ve Bonen'in kloroplastlar üzerine yaptıkları araştırmayı yayımladıkları sayıda, Woese'in grubu benzer şekilde Lynn Margulis'in kloroplastların bakteriyel kökenleri hakkında haklı olduğunu doğrulayan benzer bir çalışma yayımlatmıştı. Nasıl Bonen ve Doolittle yayımlanmamış verileri paylaşma inceliğini gösterdiği için Woese'a teşekkür etmişlerse, o da onlara teşekkür etmişti. Örtüşen ve karşılıklı bir meslektaş dayanışması. Bilimde olması gereken buydu.

Bir yıl sonra Doolittle ve Bonen başka bir makale yayımladılar. Bu seferki *Nature* dergisinde yayımlanmıştı ve iki önemli iddia adına bulgular ortaya koymaktaydı: Mavi-yeşil alglerin aslında alg değil bakteri oldukları (bundan dolayı siyanobakteri olarak biliniyorlardı); ve kloroplastların, en azından bazı karmaşık organizmalarda, kökenlerini sadece bakterilerden almadıkları, özel olarak bu türlerinin siyanobakterilere dayandığı. Bulgular yine Woese'cı yöntemlerle derlenmişti ve makale Woese'in çalışmasına hürmetkâr selamlamalarla doluydu.

Ardından 1978 yılında, görece karanlıkta kalmış bir Avrupa dergisinde, iki adamın da ilgisini alabildiğine çeken yeni bir makale yayımlandı. Strazburg'da Fransız bir ekibin elinden çıkmış olan bu makale, o âna dek hiç görülmemiş bir şey sunmaktaydı: Woese'in kayıt için kullandığı ve tek bir bakteriden alınmış 16S rRNA moleküllerindeki bazların *eksiksiz* dizilimi (sadece parçaların numunelendirilme-

sinden ibaret değildi). Bu bakteri meşhur böcek *E. coli* idi. Dizilim çıkarılırken kullanılan yöntem esasında Fred Sanger'e aitti ama yeni bir bileşenin kullanılmasıyla modifiye edilmişti: Molekülün kesilmesine yardımcı olmak için kobra zehrinin özü kullanılmıştı. Woese ve Doolittle gibi araştırmacılar için eksiksiz bir dizilimin bilgi değeri devasaydı. O noktaya dek parçacıkların birbirleriyle nasıl uyuştuklarını bilmeden bunları –yani ağızdan kaçan kısa harf dizileri– karşılaştırmışlardı. Fransız ekip kobra zehriyle bu uyumu açığa çıkarmıştı.

Fakat bu Avrupa dergisinin Illinois Üniversitesi'ne varması yavaş olmuştu. Makaleden haberdar olan Woese sabırsızdı. Bu yüzden derginin vardığı Halifax'taki Doolittle'ı aramış ve ondan bir iyilik istemişti: “Bana dizilimi okur musun?” Doolittle memnuniyetle kabul etmişti. Elinde derginin ekim sayısı ile ofisine geçmiş ve Woese'a telefonla 1.542 harfin tümünü tek tek sayıp okumuştur. Bunları üçlü gruplar halinde okumak kendisine doğal bir ritm duygusu vermiş, atlamalardan veya tekrarlamalardan kaçınması kolaylaşmıştı.

Yani okudukları şu şekildeydi: “AAA, UUG, AAG, AGU, UUG, AUS,” ve niceisi. “AUG, GSU, SAG, AUU, GAA, SGU,” diye devam etmişti.¹⁵⁶ “UGG, GAU, UAG,” diyordu. UAG sonlanma kodonuydu ve mesaj ileten RNA içinde görüldüğünde dizilimin sona erdiğini işaret ediyordu. Fakat bu mesaj ileten RNA değildi, yapısal bir şeydi ve Doolittle UAG'ye geldiğinde orada durmamıştı. “SUA, GUA, GGU, GGG, GUA,” diye devam etmiş ve “ASG” demişti. Woese Urbana'da bunları dikkatle kopyalarken, o lanet şeyin tamamını, gözleri şaşılatacak kadar çok olan harf dizilerinin tümünü telefonda okumuştur. Nihayet Doolittle, “GGU, UGG, AUS, ASS, USS, UUA,” dedi ve sonuna geldi.

Hanımlar ve beyler, bu Taş Devri değildi. Kelt druid'lerinin* kamp ateşinde büyüler yaptığı çağ da değildi. 1978 yılıydı ve eski bir biyokimyager eski bir biyofizikçiye yardım ediyordu. İkisi de en son ve en sıcak bilimsel verileri paylaşarak, evrimsel gizemlerin derinine inmek için moleküler yöntemleri kullanmaya hevesli kişilerdi.

Linda Bonen ve Woese'cı becerileri, endosimbiyoz teorisinin şu ikinci büyük önermesini doğrulamada da yardımcı olmuştı: Kloroplastların yanı sıra mitokondrilerin de yakalanmış bakterilerden türedikleri.

1970'lerde mitokondrilerle ilgili tartışmanın esas düğüm noktası şuydu: Bu hayati organeller ökaryotik hücrelerde karmaşıklığın artmasıyla mı açığa çıktılar, yoksa yakalanmış bir bakteri sayesinde kökenlerini hücre dışından mı aldılar? İlk görüş yaygın kanaati destekler konumdaydı: Hücrenin içindekiler bir şekilde evrimleşip yavaş yavaş farklılaşarak daha karmaşık hale gelmişler ve çekirdekler, bitkilerdeki kloroplastlar veya enerji depolamayı sağlayan mitokondriler gibi yeni yapılar oluşturmuşlardı. Belki bu organeller, aynı yıldız tozlarının gezegenleri oluşturması gibi ortamsal materyallerin birleşmesiyle oluşmuşlardı. Veya belki aynı bir ek gibi başka bir iç organdan koparılmışlar ve serbestçe hareket eder olmuşlardı. Kimse ne olduğunu söyleyemiyordu. Kökenleri dışarıda arayan ikinci görüşse, Lynn Margulis'i ve endosimbiyoz tezlerini akla getiriyordu. Bonen

ve Halifax'taki meslektaşları DNA parçalarından çıkarılmış katalogları kıyaslayarak, Margulis ve Ivan Wallin'in önerdiği şeyi destekleyen yeni bulgular sunmuşlardı: Belli türden tekhücreli organizmalar (pre-ökaryot konak hücreleri, her neyse) bir bakteriyi yuttuğunda ve bunu dışarıya atamadığında veya bir bakteri ona bulaştığında ve kendisini iyileştiremediğinde, yahut bakteriyi içine alıp orada kalmasına izin verdiğinde mitokondrilerin oluştuğunu söylemişlerdi. Bu büyük olay sadece bir kez yaşanmıştı. İçselleştirilmiş bakterinin soyundan gelenler ilk mitokondrilere dönüşmüşlerdi.

Dalhousie Üniversitesi'ndeki biyokimyagerler arasında Michael W. Gray adında genç bir asistan profesör daha vardı. Yakın zamanda Stanford'da post-doktora kabul alarak batı Kanada'dan gelmişti. Gray Alberta, Medicine Hat'te ileride kendi tarifiyle "bozkır çocuğu" olarak büyümüştü ve ardından yüksek lisansla doktora öğrenimini alacağı büyük kente, Edmonton'a gitmişti. Dışarıdan bakıldığında konunun evrimden tümüyle ayrı tutulduğu bir dönemde, kendisini bir RNA biyokimyageri olarak yetiştirmişti. Evrimsel biyoloji üzerine hiçbir ders almamıştı ve hücresel sistemler üzerine yaptığı araştırmalar uzak kökenleriyle değil o günkü işlevleriyle ilgilenmekteydi. Tez konusu, protein inşası için aminoasitleri ribozomlara taşıyan transfer RNA'larıyla (tRNA) ilgiliydi. Carl Woese'in veya Lynn Margulis'in ismini hiç duymamıştı. Sonrasında karşısına, belli bir mantarın transfer RNA'sı hakkında yazılmış bir dergi makalesi çıktı ve makalede bu tRNA'nın görünüş itibarıyla mantardaki mitokondrilere kadar takip edilebileceği söylenmekteydi. Şaşırmıştı. Transfer RNA'ların mitokondride ne işi vardı ki? Protein inşası ne zamandan beri bilinen işlevlerinde rol oynamıştı? Ribozomlar protein yaparlar. Mitokondriler ise ATP. Transfer RNA'larının varlığı mitokondriler hakkında çok başka bir şeye, Gray ve diğer RNA kimyagerlerinin bilmediği bir şeye işaret ediyordu: Mitokondriler sanki bağımsız hücrelermişçesine kendi ribozomlarına sahiplerdi (veya eskiden böyledi). Neden?

Bu küçük bilmece Gray'i, sonraki önemli araştırmasını mitokondriler üzerine, daha kesin bir ifadeyle bitkilerin mitokondrisinde bulunan DNA'lar ve RNA'lar üzerine odaklamaya yöneltti. Mito-

kondrilerin kökenine ışık tutabileceğinden önemliydi. Özellikle buğdaylara bakıyordu. Tez araştırması sırasında, ihtiyaç duyduğu tRNA kaynağı olarak yönünü ticari bir buğday tohumuna çevirmişti ve o an buğday tohumunun iyi bir mitokondri kaynağı olabileceğini, aynı zamanda içindeki genetik materyaller için de iyi bir kaynak teşkil edeceğini fark etti. Gray bu projeye kolları sıvayıp literatürü taramaya başlayınca, Margulis'in çalışmalarıyla karşılaştı. 1967'de yazdığı makaleyi o dönemde ıskalamıştı ama 1970'te yazdığı, mitokondrilerin kökeni de dahil olmak üzere endosimbionik teorisini tüm detaylarıyla aktardığı *Origin of Eukaryotic Cells* adlı kitabı okumuştur. Geleneksel düşüncelere lanet olundu.

40 yıl sonra bir ikinci vakti, Mike Gray'e şu soruyu sordum: "O dönemde Margulis radikal biri mi, tuhaf biri mi olarak görülmüş-tü?"

"Hı hı," dedi. "En baştan beri sanırım."

Dalhousie'nin yakınlarında bulunan bir Türk lokantasında öğle yemeği yedik ve ardından tekrar Gray'in laboratuvarındaki küçük ofise döndük. Artık emekli olmuştu ve ağırlıklı mitokondri çalışmalarına adanmış sessiz ama seçkin bir kariyerin ardından laboratuvarındaki operasyonları sona erdirmekteydi. Margulis'in teorisinin nasıl olumsuz tepkiler aldığını, endosimbionik kökenleri olmayan "senaryolar üreten ve bu fikre burun kıvrıran" biliminsanlarını hatırlıyordu. Tartışmalar olmuştu. Margulis ötekileştirilmişti. Fakat Gray'e göre teorisi, "Belki mitokondriler içinde protein sentezi yapmış bir bakteriyel sistemin kalıntısıydı. Ki bunun oldukça havalı olduğunu düşünmüştüm." Yakında meslektaşı Ford Doolittle gibi o da kendisini onu destekler bir konumda bulacaktı.

Her şey Linda Bonen'in Doolittle'la yaptığı çalışmanın bir yan ürünü olarak başladı. Gray'in şans eseri Bonen'le konuşmaya başlamış bir lisansüstü öğrencisi vardı –danışmanlığını yaptığı ilk lisansüstü öğrencisi Scott Cunningham– ve kafalarında Woese'cı yöntemleri buğdaydan alınan mitokondrilere uyarlama fikri uyanmıştı. Edmonton'da doktora yaptığı günden bu yana Gray'in aşına olduğu bu özel ökaryotun, zirai bitkinin mitokondrilerindeki ribozomal RNA'lara

bakarak endosimbiyotik teorinin bu sac ayağını –tüm ökaryotlarda mitokondrilerin bakterilerden geldiğini– test edeceklerdi. Kendisi ve ortağı buğday mitokondrilerindeki rRNA’ları çıkaracaklar, molekülleri parçalara ayıracaklar, parçacıkların dizilimini çıkaracaklar ve kısa dizilimlerle çıkardıkları katalogların bakterilerin de içinde olduğu diğer organizmalara ait kataloglarla nasıl kıyaslandıklarına bacaklardı. Ortada bir sorun vardı: Herhangi bir mitokondri özütüyle çalışmanın zorluğu herkesçe bilinen bir şeydi çünkü mitokondrilerin kendisi bitki hücrelerindeki kloroplastların aksine bol sayıda değillerdi ve yalıtılmaları daha zordu. Fakat Gray’ın kavradığı şekliyle buğdayın güzelliği de buradaydı. Buğday tanesindeki tohum –tahılın içinde, yeni bitkinin çimleneceği embriyoları taşıyan o küçük yumru– bu tür deneyler için gerekli olan yeterli mitokondriyal rRNA’yı taşımaktaydı.

“Ham buğdayı nereden aldınız?”

“Batı Kanada’dan,” diye cevapladı Gray. Medicine Hat’li çocuk buğdaydan anlıyordu. “Oradan getirttim.” Daha öncesinde buğday tohumlarını Halifax’taki yerel bir un değirmeninden almıştı. Bunu bazı deneysel amaçlar için çok kullanışlı görmüştü. Fakat bu buğday tohumu işlemiden geçirildiğinde çimlenmiyordu. Bundan yeni bitkiler yetiştiremiyordunuz ve eğer bitki yetiştiremezseniz molekülleri isimlendirmek için radyoaktif fosfatla besleyemezsiniz. Gray ve Cunningham’ın buğday tohumuna, tarladan geldiği tazeliikle, en azından batı ovalarındaki demiryolu hatlarının üzerindeki tahıl ambarlarında koruduğu tazeliikle ihtiyaçları vardı.

Bundan dolayı Gray buğdayı torbalar halinde, Alberta’daki tedarikçilerinden birine sipariş etmişti. Cunningham mutfak mikseri ve eleklerin yardımıyla, buğday tohumlarından yaşayabilir embriyoları ayırmak için meşakkatli mekanikler tasarlamıştı. Ta ki gerekli malzemedan küçük ve kıymetli miktarda elde edinceye kadar: 16 gram (yaklaşık yarım ons). Bu sağlıklı Kanada menşeli buğday embriyolarını filtre kâğıdında filizleyip su ilave etmişlerdi. Ah evet ardından, filmlerde görülecek etiketlere dönüşmeleri için “dehşetli miktarda radyoaktivite” dahil etmişlerdi. Buğday embriyolarından mitokondrileri yalıtmışlar ve mitokondriyal rRNA’ları çıkarmışlar-

dı. Ardından sürecin bu kısmında Linda Bonen'in liderliği altında, rRNA'ları parçalara ayırmışlar, filmlere yansıtmışlar, parmak izlerini okumuşlar ve kataloglar çıkarmışlardı.

Gray buğdayı seçmekle iyi yapmıştı çünkü bitki mitokondrilerindeki rRNA'lar genelde hayvanlardaki eşdeğer rRNA'lardan daha yavaş mutasyona uğruyordu. Dolayısıyla bakteriyel akranları ve olası ortak atalarıyla benzerlikleri çok daha belirgindi. Bonen ve Doolittle'in yanına artık Gray ve Cunningham'ın eklenmiş olduğu başka bir dergi makalesinde aktarıldığı üzere araştırma net sonuçlar vermişti. Margulis'in hipotezi doğrulanmıştı. Ribozomal RNA'larına bakıldığında, buğday mitokondrisi buğdayı andırmıyordu. Buğdayın hizmetine girmiş küçük yabancı varlıklardı. Başka yerlerden gelmişlerdi. Bakterilere benziyorlardı.

Buğday mitokondrileri üzerine yapılmış yayından sonra, yaklaşık on yıl boyunca saha içindeki büyük (en azından sesleri gür) bir biyolog azınlığı endosimbiyoz teorisini reddetmeye devam etti. Direnişleri kısmen bunu, Marguilis'in önerdiği ve savunduğu üç parçalı versiyonuyla bütün halde yutmak istememeleriydi: Kloroplastlar siyanobakterilerden, mitokondriler başka tür bakterilerden, kamçıları ise spiroketlerden veya benzer bir bakteriden türüyor demişti. Bu kadarı çok fazlaydı.

Ayrıca bilinç dışında çıkarımları için duyulan bir hoşnutsuzluk da yatıyor olabilirdi. Buna nerdeyse rahat edilemeyecek kadar şahsi bir çıkarımda bulunması da dahildi: Tüm hayvan hücreleri, tüm insan hücreleri, sizin, benim ve buna şüpheyile bakan herkesin hücreleri, organeller gibi işlevler oynayan yakalanmış bakterilerden güç almaktadır. Bunların karnınızda veya koltukaltılarınızda yaşayan bol miktarda bakteriden olmadığını unutmayın. Bağırsaklarınızdaki mikroplar ve diğer küçük yolcular bedensel seviyede içselleştirilirler ama hücrelerinizin içine alınmazlar. Bahsettiği şey, tümüyle varlığınızın parçası olan, yakalanıp başkalaşım geçirmiş bakterilerdir. Bu

tutsaklar, belki iki milyarlık bir süre zarfında, hücrelerin içinde bulunan ve hücrelerinize kaynaklık eden mekanizmaların parçası olmuşlardır. DNA'ları DNA'nızın parçasıdır. Sadece annenizden aldığınız parçalar gibidir. Neden sadece anneler? Çünkü mitokondriyal DNA spermle değil yumurtalar yoluyla aktarılır.

Daha sade sözcüklerle anlatalım: Endosimbiyoz teorisi, hepimizin saf ve kesin birer birey değil, birleşik yaratıklar olduğumuzu şart koşar. Yerleşmesinin bu denli geç olmasında şaşılacak yan yoktur. Kimse Jason Bourne* gibi, kendisine aslında düşündüğü kişi olmadığının söylenmesinden hoşlanmaz.

Araştırmacılar elektron mikroskoplarıyla mitokondriler ve kloroplastlardaki genomik materyallerin fiziksel yapılarına ve miktarına yakından bakınca teori için başka bir güçlük ortaya çıktı. Mitokondriler de kloroplastlar da organeldi –yani ökaryotik hücrelerin içindeki organa benzer ikincil birimlerdir– fakat ökaryotik hücrelerin kromozomlarında gizlenmiş genomlardan farklı, kendilerine has genomları vardı. Mikroskobik incelemelerde, DNA'lar en azından bazı mitokondriler ve kloroplastlarda, çekirdeklerde görülen çizgisel kromozomlardan ziyade halka biçimli dairesel kromozomlar gibi görünmekteydiler. Örneğin ıspanak ufak DNA halkacıkları taşıyan kloroplastlara sahipti. Buraya kadarı teoriyi destekler nitelikteydi çünkü bakteriler de genomlarını dairesel kromozomlarda taşıyorlardı. Mitokondriler ve kloroplastlar eğer bakteriyse yahut bakterilerden türedilerse, akla yatkın şey kromozomlarının aynı şekilde olmasıydı.

Fakat bu dairesel kromozomlar aşırı küçük görünüyordular. Bilen tüm bakterilerin kromozomlarından daha küçüktüler. Taşıyabilecekleri bilgilerin miktarı –yani baz çiftlerinin, gen sayılarının miktarı– bakteriyel genomla kıyaslandığında çok ufaktı. Yine ıspanak örneğine gidelim: Almanya'daki Düsseldorf Üniversitesi'nde ıspanağın

Robert Ludlum (1927-2001) tarafından yazılan, olağanüstü hayatta kalma yeteneklerine sahip, geriye dönük hafıza kaybı yaşayan ve gerçek kimliğini keşfetmeye çalışan ana karakter Jason Bourne'un hikâyesini anlatan kurgu. Aynı zamanda 2016'da Paul Greengrass'ın yönetmenliğinde filme de uyarlanmıştır. (Y.N.)

kloroplastlarını inceleyen araştırmacılar, tipik bir bakteriyel kromozomun 13'te 1'i küçüklüğünde, ufak DNA halkacıkları buldular. Yani yeni bir gizem çözülmüştü: Mitokondriler ve kloroplastlar gerçekten birer bakteri olarak türediyse, o kayıp genlerinin tamamı neredeydi? Tamamen gitmişler, çıkarılmışlar, yitip kayıp mı olmuşlardı? Yahut bu genler bir şekilde konak hücrelerin içinde, ürettikleri genlerle hücrenin yaşamına hâlâ katkı yapabilecekleri başka yerlere mi taşınmışlardı (belki çekirdeğin kendisine)? Bu ufak bilmece kördüğüm olmuş ağacın destanı içinde en beklenmedik ifşalardan birinin ipuçlarını taşıyordu (ileride açıklayacağım): Yaşamın tarihi boyunca bir organizmadan diğerine dönük yatay gen transferlerinin önemi.

1980'lerin başında endosimbiyoz teorisine gösterilen direnişin bir başka sebebi, mitokondrileri özel bir bakteri türüyle ilişkilendiren bulguların yokluğuydu. Peki, mitokondrilerin hepsi tek bir yakalanmış bakteriden geldi dersek *hangisinden* gelmişlerdi? Ortada hiçbir esas aday yoktu. Bu tarz bir eşleşme kloroplastlar için yapılmıştı (bunlar siyanobakterilerdi) fakat aynısı mitokondriler için yapılmamıştı. Bakteriyel öncülerini tanımlanmamıştı. Mike Gray ve Ford Doolittle 1982'de bu konunun tamamı hakkında "Has Endosymbiont Hypothesis Been proven?" [Endosembiyontik Hipotez Kanıtlandı mı?] başlıklı uzun bir derleme makalesi yayımladılar.¹⁵⁷ 1977'de buğday embriyoları üzerine yazdıkları makale düşünülürse, çok şaşırtıcı bir şekilde –en azından mitokondriler söz konusu olduğunda– kanıtlanmadığını kabulleniyorlardı.

Gray ve Doolittle bu kanıt meselesinde çok titizdiler. Makaleleri teoriyi muhtemelen hangi tür ampirik verilerin doğrulayacağını belirten ve bu verileri dolaylı kanıtlardan ayıran iki sayfalık bir girizgâhla başlıyordu. Bazı "kanıt" türleri diğerlerine kıyasla daha kanıt gibiydiler. Basit korelasyonlar açıklamaları değiştirebiliyordu. Bu bölüm Ford Doolittle'ın felsefi üslubunu taşıyan düşüncelerin ve yazıların sergilendiği yerd. Ardından Doolittle'ın odaklandığı araştırmalardan beslenen, kloroplastlar ve siyanobakterilerle ilgili bir bölüm takip ediyordu. Bundan sonraysa RNA ve mitokondriler üzerine yapılan soruşturmalar, Mike Gray'in güçlü yanlarını ortaya koyuyordu.

Tüm makalenin ana fikri, kloroplast hipotezinin kanıtlandığı

ama mitokondri hipotezinin kanıtlanmadığıydı (henüz olmamıştı). Sonlara doğru Gray ve Doolittle buğday mitokondrileri üzerine yaptıkları çalışmadan anlamlı ama sonuçsuz bir çaba olarak bahsediyorlardı. O buğday mitokondrileri gerçekten (rRNA dizilimlerine bakılırsa) *E. coli* bakterisini hatırlatıyordu. Ne olursa olsun ilk yazdıkları makaleden sonraki beş yıl boyunca, diğer araştırmacılar başka bakteriler arasında daha iyi eşleşmeler bulamadılar. Dahası mesele hayvanlar ve mantarların mitokondrilerine geldiğinde (ökaryotik yaşam ağacının diğer iki büyük dalı) ortada sağlam bir eşleşme dahi yoktu. Endosimbiozu kanıtlayan ikna edici bir ispat yoktu. Mitokondriye Dönüşmüş Bakteri rolü için tercih edilebilecek hiçbir aday yoktu ortada. (15 yıl boyunca, Mike Gray'ın eşyazarlığını yaptığı bir makale eksiksiz mitokondri genomunu belli bir bakteri grubuyla eşleştirmeye dek nihai bir bulgu sunulamadı.) Geçen süre zarfında sorun çözümsüz bir şekilde ortadaydı.

Bu noktada Carl Woese öyküye yeniden dahil oldu. 1985'te laboratuvarı bağlantının bulunduğunu duyuran, "Mitochondrial Origins" [Mitokondriyal Kökenler] başlıklı bir makale yayımladı.¹⁵⁸ Woese'in ekibinin iddiasına göre tüm mitokondrilerin atasını, hâlâ yeryüzünde yaşayıp gelişmeyi sürdüren bir bakteri grubunun içine yerleştirebilmişlerdi. Görünen o ki bu atanın modern akrabaları etrafımızı tümüyle kuşatmış, oldukça parazitik bir şekilde ceviz ağaçlarında, üzüm bağlarında ve diğer bitkilerde safraya yol açmaktaydılar. Bugün proteobakteriler olarak bilinen tuhaf bir grubun, mor bakterilerin alfa alt-bölümüne aittiler.

Woese ve meslektaşları evrimsel ilişkilerin standardı olarak, yine tercih ettikleri molekülü yani 16S rRNA'yı kullanmışlardı. Mitokondrilerde bakterilerdeki 16S'ye çok benzer bir rRNA molekülü vardı ama ne kadar ve hangi bakterilerdekine benziyorlardı? Geçen zaman zarfında dizilim teknikleri gelişmişti. Fred Sanger (RNA'ları değil de) DNA'ların dizilimini çıkarmayı sağlayan, daha öncekilerden çok daha hızlı ve kesin bir yöntem geliştirerek yine önemli bir katkıda bulunmuştu. Woese bunu kendi amaçlarına uyarlamış ve böylece ince ve muğlak gibi görünebilecek olsa da önemli bir değişiklik yapmıştı: Ribozomlardan rRNA moleküllerini çıkarmak (küçük miktarlar ha-

linde) ve bunların belli bölümlerinin dizilimlerini çıkarmak yerine, Woese'ın ekibi genomlardan DNA'ları çıkarmış ve –DNA klonlamasıyla miktarlarını çoğalttıktan sonra– bu ana molekülün dizilimini bölüm bölüm çıkarmışlardı. İlgilendikleri bölümler bakteriler ve mitokondriyal muadillerindeki 16S rRNA'ların kodlarını taşıyan kısımlardı. Yani evi ölçmek yerine planını okuyorlardı. Eski yöntemdeki bilgilerin aynısını veren ama bunu çok daha iyi ve hızlı bir şekilde yapan bir metodolojik ayarlama yapılmıştı. 12 yıl boyunca emek sarf ettiği usandırıcı gayretlerden sonra Carl Woese böyle bir kestirme – ufacak parçalardan güçbela toplanan rRNA'lar yerine büyük miktarlarda elde edilebilen DNA'ların dizilimini çıkarma– yapma hakkını hak etmişti. Bu yeni bir bilgi akışının başlangıcı oldu ve kendisi yine özgün yöntemleri ilk benimseyen kişilerden biri olmuştu. Ama diğer birçok araştırmacıdan daha derin sorular sormaktaydı.

1985'te yayımlanan makalenin ilk yazarı, Kuzeydoğu Çin'de bulunan bir üniversiteden Illinois'ye gelmiş ve neticede Woese'ın laboratuvarına katılmış doktora öğrencisi Decheng Yang'tı. O, Woese ve meslektaşları, altı prokaryottan (beş bakteri türü ve Woese'ın yeni krallığı arkelerden bir temsilci) hangisinin bir ökaryottan alınmış mitokondrilerle en iyi şekilde uyuştuğunu görmek için yedi farklı organizmanın rRNA genlerini kıyaslamışlardı. Arkeler bu diziye kapsamını genişletmek maksadıyla bir tür uç değer olarak dahil edilmişti. Esas şüpheliler bakterilerdi. Ekip ökaryot için buğdayı seçmiş, Mike Gray'in grubunun buğday mitokondrilerinden ürettiği 16S rRNA dizilimlerinden faydalanmışlardı. Karşılaştırma yapmak için seçtikleri beş bakterinin içinde erişmesi her zaman kolay *E. coli*, siyanobakteri *Anacystic nidulans*, adını unutacağınız iki başka isim ve ziraai bitkilerde tümör yaratma gibi sorunlu bir alışkanlığı olduğu için *Agrobacterium tumefaciens* isimli bir mikrop vardı. Sonuncusu yani *A. tumefaciens* bir alfa-proteobakteriydi.

Birçok alfa-proteobakteri evrimle, ökaryotik hücrelerin içinde yaşamayı şart koşan yaşam tarzları geliştirmişti. Örneğin insanlarda tifüse ve Kayalık Dağlar benekli hummasına* yol açan patojenler al-

fa-proteobakterilerdi. Birer parazit olarak zararlarını kurbanlarının hücreleri içinden veriyorlardı. Woese'ın böceği *A. tumefaciens*, insanlara zarar verme konusunda masumdu ama bitkilere cehennem yaşıyordu. Dahası karşılaştırmalı araştırmalar bunun aranan canlı olduğunu göstermişti: Buğday mitokondrisine en yakın olan şey oydu. Mike Gray o dönemde ücretli izinle Stanford'a dönmüştü. Woese haberleri paylaşmak için onu aradı.

Bu bulgu kulağa geldiğinden çok daha çarpıcı ve büyüktü. Buğdaydan çok daha fazlasını içeriyordu. Diğer araştırmalar bu mitokondrinin yeryüzündeki yaşam tarihi içinde sadece bir kez oluştuğunu, yakalanmış bakterilerden tek bir olayla gelişip meydana geldiğini öncesinde kanıtladığı için, Woese ve genç ekibi mitokondrilerin karmaşık hücrelerdeki atalarını bulma arayışının kapsamını daralttıklarını iddia edebilirlerdi. Bu ata bir tür alfa-proteobakteriydi. Onların soyundan gelenler hepimizin içinde varlığını sürdürmekte, hücrelerimize enerji vermekte, karmaşıklığı mümkün kılmaktaydı.

Makalelerinin dördüncü sayfasında Woese ve grubu basit bir şema önermekteydi: Başka bir ağaç. Bu mitokondrilere ve bakterilere ait bir ağaçtı. Buğday mitokondrisini, fare mitokondrisini ve mantar mitokondrisini, tümöre yol açan *A. tumefaciens* bakterisini temsil eden sürgünün olduğu küçük dalla aynı yerde, yan yana kümelenmiş filizler olarak resmetmekteydi. İnsan mitokondrilerindeki muadil rRNA geninin dizilimini de çıkarmış olsalardı o da aynı daldan filizlenecekti. Geri kalan her şey ayrı bir yerde durmaktaydı. Diğer dallar, diğer kollar, genomlarımızın, varlığımızın, kimliğimizin (her neyse) diğer parçaları, bu şemaya uyamayacak kadar uzak bir şemanın parçalarıydılar. Ağaçsı çizim karmaşılaşmaya başlamıştı.

Bu doğrulamanın yapıldığı tarihte yani 1985 yılında Lynn Margulis, Boston Üniversitesi'nde profesör olmuştu (orada misafir yardımcı doçent olarak çalışmaya başlamıştı) ve Amerika'nın en önde gelen bilimsel danışmanlar kurulu Ulusal Bilimler Akademisi'nin üyeleri arasına seçilmişti. Nick Margulis'le evlilikleri sona ermişti ve dört çocuğundan en küçüğü 16 yaşına gelmişti. Üç yıl sonra Massachusetts Üniversitesi'nin seçkin profesörlerinden biri olarak Amherst'e taşındı ve yaşamının geri kalanını orada geçirdi. Öğretmenlik yaptı. Lisansüstü öğrencilere danışmanlık yaptı. Eğitici filmler ve videolar hazırladı. Evinde misafirler ağırladı ve yemekler pişirdi. Fikirlerle haşır neşir olduğu kadar insanlarla da haşır neşir olmayı, insanları ve sohbet etmeyi seviyordu.

Dergilerde çok geniş bir konu yelpazesi üzerinde, kimisi provokatif kimisi teknik birçok makale yayımlamaya devam etti. Bunların yanı sıra endosimbiyozla ilgili fikirlerini savunduğu ve endosimbiyozdan çok daha inanılmaz görünen diğer kavramlara, teorilere, bakış açılara arka çıktığı popüler makaleler ve kitaplar kaleme aldı. AIDS'in varlığına kuşkuyla yaklaşan biri olup, sendroma insan bağı-

şıklık eksikliği virüsü (HIV) olarak bilinen failin sebep olduğunu iddia etti. 11 Eylül saldırısına da şüpheyile yaklaştı. Bunu karanlık siyasi amaçlarla bilinmeyen grupların tasarladığı bir “yanıltma operasyonu” olarak adlandırdı.¹⁵⁹ Uzun süre kendisi ve İngiliz kimyager James Lovelock’un geliştirdiği, Dünya gezegenini aynı tikel canlı organizmalar gibi kendi biyokimyasını düzenleyen, kendi kendisini idame ettirebilen bir sistem olarak ele almış Gaia hipotezini destekledi. Bu, kendisine, yaşayan organizma kısmını kelimenin gerçek anlamıyla algılayan (bu anlamda kullanmamıştı) ve Gaia’yı adeta mistik bir fikir olarak gören insanların takdirini ve övgülerini kazandırdı. Margulis mistik biri değildi. Takip ettiğinde onu tuhaf zeminlere götürmüş olsa da bulgulardan, argümanlardan ve doğanın maddi dünyasından yana olmuştu (özellikle mikroskoplarla gözlemlediği şekliyle).

Kronik Lyme hastalığı hakkında tıbben tartışmalı bir fikrin destekçisiydi: Bir spiroket olan Lyme patojeni, kronik bir enfeksiyon türü olarak insan bedeninde saklanabilir ve normal dozda antibiyotiklerle tedavi edilemez. *Proceedings of the National Academy of Sciences*’ta emekli Britanyalı zoolog Donald I. Williamson’un yazdığı alışılmadık derecede tuhaf ve ikna edicilikten uzak makaleyi onaylamıştı. Williamson kelebeklerin ve larva formları tırtılların ayrı türler olarak evrim geçirdiğini, bunların daha sonra betimlenmesi imkânsız bir melezleşme süreciyle tek bir yaşamsal tarih içinde birbiriyle ilişkilendiğini iddia ediyordu. Tırtılların ve kelebeklerin farklı yaratıkların bir araya gelişini temsil ettiği doğrudur. Aynı bir iribaşla kuşun melezleşmesi gibi, ortaya iki yaşam safhasına sahip yeni bir yaratık çıkmıştı. Williamson’a göre bu ökaryotik hücrelerin simbiyogenezine benzer bir durumdu.

Margulis kelebekli makalenin hipotezini olmasa da yayımlanmasını savunurken şunları söylemişti: “Kimseden Williamson’un fikirlerini onaylamasını istemiyoruz. Sadece bilimsel ve akademik düzlemde değerlendirmelerini istiyoruz, tepkisel önyargılarla değil.”¹⁶⁰ Diğer biliminsanları ise, Williamson henüz yaratık kelebek kavramını yayımlamadan önce bunu çürütecek genetik verilerin halihazırda mevcut olduğuna işaret etmişlerdi.

Margulis bu bağlam içinde kendisini geliştirmişti: otoriteye meydan okuma, biliminsanları arasında çıkan kavgalar, dikkat ve cüretkârlık arasındaki gerilim. Diğerleri dalın zayıf olduğunu ve kırılabileceğini söylerken, o dala çıkıp üzerinde zıplamayı seviyordu. Yaklaşımı özetle şöyleydi: *Kırılırsa hiç sorun değil, bu da bilim!* Bu tür provokasyonlarla ve bazı meslektaşlarını öfkeliendirerek geçirdiği koca bir ömür boyunca bilimle uğraşmayan insanlar arasında çok meşhur ve takdir edilen biri oldu. Röportajlar verdi, toplantılar düzenledi, seminerler vermek üzere seyahatler yaptı ve güçlü bir şekilde ihtilaflara dahil oldu. Ciddi dergilerden biri kendisi için çıkardığı profilde, onu “bilimin ele avuca sığmaz Toprak Anası” olarak adlandırmıştı.¹⁶¹ Tüm bunlar olup biterken, mutlu, enerjik, tartışmalara açık, kusurlara karşı kendinden emin, zamanını harcarken cömert ve sempatik biri olarak kalmaya devam etti. Bir keresinde, “Bir eş olarak işimi iki kez bıraktım,” demişti.¹⁶² “Bir insanın iyi bir eş, iyi bir anne ve birinci sınıf bir biliminsanı olması imkânsız.” Bir şeyden vazgeçmek zorunluydu. Ele avuca sığsa da sığmasa da, bir biliminsanı ve anne olmayı tercih etmişti. Dahası, şu veya bu şekilde dört kişiden çok daha fazla insanın annesi olmuştu.

1986’da en büyük oğlu Dorion’la birlikte yazdığı bir dizi kitabın ilki olan, *Origins of Sex: Three Billion Years of Genetic Recombination*’ı [Cinsiyetin Kökenleri: Genetik Rekombinasyonların Üç Milyar Yılı] yayımladı. Üç milyar yılı kapsayan bir kitap yazmak tam da onun uzanabileceği bir şeydi. Bir yıl sonra Dorion’la birlikte *Microcosmos: Four Billion Years of Evolution from Our Microbial Ancestors*’ı [Mikrokozmozlar: Mikrobik Atalarımızdan Günümüze Evrimin Dört Milyar Yılı] çıkardılar. 2002’de yazdıkları *Acquiring Genomes: A Theory of the Origins of Species* [Genomları Elde Etme: Türlerin Kökenine Dair Teori] başka yerlerde iddia ettiği şeyleri uzun uzadıya okuyuculara sunuyordu: Neo-Darwin’cilik (Darwin’in teorisi ile Mendel’in genetiğini birleştiren bir 20. yüzyıl ekolü) genetik çeşitlilikte evrimsel yeniliklerin önünü açan esas kaynak hakkında yanılıyordu. Bu hayati element, yani çeşitlilik, esasen Margulis ve Sagan’a göre, neo-Darwin’ciler için yeterli görünen küçük rasgele mutasyonlardan *gelmiyordu*. “Aksine,” diye başlıyorlardı söze, “evrimsel yeniliklere yol açan iletilen önemli çeşitlilikler genomların elde

edilmesinden ileri gelmektedir.”¹⁶³ Türlerin gerçek kökeni simbiyozdan gelmekteydi.

Bu açıdan simbiyozun içine endosimbiyoz da girmektedir yani şimdiye dek okuduğunuz gibi bakterilerin ökaryotik hücrelerde yakalanıp önce mitokondrilere ve kloroplastlara dönüşmesi bunun parçasıydı. Fakat aynı zamanda, bahsettiğim gibi iki organizmanın, iki genomun birbiriyle karışıp tek ve canlı bir ortaklığa girdiği bir dolu ve geniş kapsamlı –o kadar çarpıcı ve çığır açıcı olmayan– vakayı da kapsamaktaydı. Örneğin Margulis ve Sagan *Elysia viridis* türüne ait deniz salyangozlarını tarif etmişti. Bunlar henüz olgunlaşmadıkları dönemde yeşil alglerle besleniyorlar ve algleri bütünüyle sindirmek yerine alglerdeki kromozomları kendi hücrelerinde tutuyorlardı. Elde edilen kloroplastlar salyangozların bitki gibi fotosentez yapmalarını, yaşadıkları medcezirli ve sık alanlarda gün ışığından enerji toplamalarını sağlıyordu. Yetişkinliğe girince aslında “bitki-hayvan hibridleri”ne dönüşüyorlardı.¹⁶⁴ Margulis ve Sagan’ın iddiasına göre, yeni türlere kaynaklık eden esas şey (şimdiye dek bilindiği haliyle) neo-Darwin’cilerin artarak büyüyen mutasyonları değil, bu tarz çarpıcı birleşmelerdi.

Yıllar sonra verdiği bir röportajda Margulis’in aklına yeşil deniz salyangozları gelmişti. “Evrim biyologları evrimsel modelin bir ağaç olduğuna inanıyorlar,” diye anlatıyordu *Discover* dergisinden gelmiş muhabire.¹⁶⁵ “Böyle değildir. Evrimsel model bir ağdır. Algler ve salyangozlar bir araya gelince dallar birbirine girmektedir.” Haklıydı: Yaşam ağacı bir ağaç değildi.

Görüşlerinin tuhaflığına ve isyankârlığıyla elde ettiği şöhrete rağmen Margulis adeta ödül ve ihtirama boğuluyordu – dışlanmış, aykırı bir tip olarak sahip olduğu popüler imgeyi (ve kendine bakış şeklini) maskelemeye yetecek kadar çok ödül almıştı. 1983’te Ulusal Bilimler Akademisi’ne seçilmesi sadece başlangıçtı. Bunu bir Amerikalı için çok daha nadir olan bir şey, Rus Doğabilimleri Akademisi’ne seçilmesi izlemişti. Sonrasındaysa bir başka saygın kurum olan Amerika Bilim ve Sanat Akademisi’ne girdi. Ayrıca her neyse ve nerede bulunuyorsa Dünya Sanat ve Bilim Akademisi’ne de seçildi. Berlin’de Alexander von Humboldt Ödülü’nü kabul ederken, Londra’da

Darwin-Wallace Madalyası'nı paylaşıyordu. 16 fahri doktora biriktirmişti. 2000'de Başkan Bill Clinton boynuna Ulusal Bilim Madalyası'nı geçirmişti. Liste çok uzundur. 2010'da bilimin bir diğer öncü isimlerinden biyolog Edward O. Wilson'un adıyla anılan ve Wilson'un takdim edeceği (Amerika Bilgisayar Müzesi isimli şahane bir kurumdan) ödülü almak için Montana'daki Bozeman adlı küçük şehre uçtu. Wilson'da etkinlik için oraya uçakla gelmişti. Bir şölen yapıldı. Kendisiyle işte orada tanıştım.

Ertesi gün erken bir vakitte, rüzgârlı bir ekim sabahı o, ben ve içlerinde Ed Wilson'un da olduğu 20 başka insan Yellowstone Milli Parkı'nda yapılacak arazi gezisi için otobüse atladık. Araç çam ormanlarının, buharı tüten hidrotermal deliklerin, gayzer havzalarının, rengârenk madensuyu kaynaklarının, bizonlarla Kanada geyiklerinin otladığı çayırlardan akan alabalıklarla dolu nehirlerin ve Yellowstone'a has diğer manzaraların içinden geçerken sekiz saate yakın bir süre Lynn'le birlikte oturdum. Endosimbiozdan, kendimden ve ondan, türlerin kökeninden, 11 Eylül olaylarından, AIDS'in etiyojisinden ve Lyme hastalığından konuşurken diğerleri –tahmin ediyorum– bizonlar, ayılar ve geyiklerden bahsediyorlardı. Lyme hastalığı özellikle ilgimi çekmişti çünkü bulaşıcı hastalıklar üzerine bir kitap yazıyordum. Başka şeylerden de çok konuştuk ve bunların içinde muhtemelen vahşi yaşam da vardı. Her şeyle ilgileniyordu. Amherst'teki seminerime gel, dedi. Otobüs yolculuğu sırasında veya sonrasında sohbetimiz hakkında hiçbir not almasam da –onun hakkında yazacağımı öngörmemiştim bile– dosyalarım da yadigâr olarak kalmış bir fotoğraf vardı. Yellowstone Nehri'nin Büyük Kanyonu'na bakan seyir noktasında kollarımızı kavuşturmuş halde Lynn'i, beni ve diğer bilim insanı Ed Wilson'u gösteren bir fotoğraf. Arkada büyük şelale vardı. Lynn'in üzerinde hacimli, gri bir süveter vardı. Ed ise bu delidolu poz için park korucularından ödünç aldığı şapkayı –düz siperlikli Smokey Bear– takmış, gülümsüyordu. Kendisi de heterodoks teorilerin sözcüsü olduğu için belli cezalandırmalara maruz kalmıştı. Lynn Margulis'le ormanda olmaktan keyif alıyordu, ne olmuş yani.

İki hafta sonra Massachusetts Üniversitesi'nde verdiği seminere

gittim. Boston'da başka işlerimi hallettikten sonra Amherst'e doğru yola koyuldum, sınıfın içine sessizce sokuldum ve ardından akşam yemeği için Lynn'in evine döndüm. Sağlıklı ve sade bir yahni pişirmişti. Köpeğiyle tanıştım. Lynn'le baş başa ve sakince oturacak vakit bulamamıştık. Dolayısıyla umduğum gibi Lyme hastalığı hakkında röportaj da yapamamıştım ama önemi yoktu. Başka misafirler de vardı. Başka başka konuların konuşulduğu keyifli bir sohbet vardı. Her zamanki gibi ortalığı karıştıran Lynn'di. Boston'a geri döndüm ve onu bir daha hiç görmedim. Bir yıl sonra ağır bir felç sonucu hayatını yitirdi. 73 yaşındaydı.

Ford Doolittle Lynn için, "Bilimde ikonaklastlar için bir rol vardır," demişti.¹⁶⁶ Bunu ölümünden sonra yaptığı bir anma konuşmasında değil, yıllar evvel, Lynn tüm gücü ve şiddetiyle canlıyken söylemişti. "Tüm gücünüzle ona yüklenip eleştiriye tutmak büyük bir hataydı." Lynn Margulis gibi ikonaklastları, "hatalı olduklarında bile sorular sordururlar. Ve elbette Lynn gibi zaman zaman haklı çıkarlar." Kastettiği şey endosimbiyoz konusunda, ortaya attığı üç temel iddiadan ikisinde haklı çıkmış olmasıydı: mitokondriler, tamam; kloroplastlar, tamam; *undulipodia* (o küçük kuyruklar), belli ki hayır. Mitokondrilerin ve kloroplastların bakteriyel kökenleri moleküler bulgularla doğrulanmış olsa da –genler hâlâ oradaydı ve onları bakterilere bağlıyorlardı–, *undulipodia*'yı spiroketlerle eşleştiren hiçbir moleküler bulguya rastlanmamıştı. Tek kanıt mikroskobiden elde edilmiş olan, dokuz borucuklu çapraz kesitteki kayda değer benzerliklerdi. Fakat moleküler çağda mikroskobik eşanlamlılık yeterli değildi.

Doolittle'ın kendisi Lynn'le Boston'da, ücretli izinle 1977-1978 akademik yılını Harvard'ta geçirdiği süre zarfında tanışmıştı. O dönemde Lynn hâlâ Boston Üniversitesi'ndeydi. Lynn'le nasıl tanıştığını sorduğumda hatırlayamadı ama hoş ve kafadar bir başlangıç noktaları vardı: Bonen'le 1975'te yazdığı ve onun endosimbiyoz teorisindeki kloroplast önermesini doğrulamış makalesi. Lynn o günlerde hâlâ Nick Margulis'le evliydi ve kentin hemen batısında yaşıyordu. Doolittle'ın hatırladığı bir şey vardı: "Evinde çok güzel partiler verirdi." Anlamı açıktı: Hayatı yaşıyordu.

Fikirlere açık oluşu, kişisel özgüveni ve entelektüel güveç tence-

relerine duyduğu sevgi, ona arkadaşlıklarını koruma becerisi kazandırıyordu. En azından bilimsel anlaşmazlıklarla açılmış derin ayrımların ortasında dostane köprüler kurmasını sağlıyordu. Nitekim bu, çağının en dikkatli ve güçlü biyologlarından bazılarıyla ilişki kurmasından görülmüyordu. Neo-Darwin’cilerin kurucularından Ernst Mayr’le önemli hususlarda anlaşmazlık içindeydi fakat Mayr kitaplarından birine önsöz yazmaktan çok mutlu olmuş, Lynn de bu önsözde kitabın neresini beğenmediğini söylemesine izin vermekten memnuniyet duymuştu. Stephen Jay Gould başka bir kitabına kefil olarak yine benzer bir hizmette bulunmuştu. Aynı şeyi Joshua Lederberg, Lewis Thomas ve G. Evelyn Hutchinson da yapmıştı. Bunlar büyük isimlerdi. Richard Dawkins’le neo-Darwin’cilik üzerine çok sert bir şekilde ayrılrsa da ve bir keresinde Oxford’da tartışmış olsalar da Dawkins şöyle demişti: “Lynn Margulis’in endosimbioz teorisine sıkı sıkı yapışarak ve bunu gelenek karşıtlığından ortodoksiye dönüştürerek gösterdiği cesareti ve dayanma gücüne büyük hayranlık duyuyorum.”¹⁶⁷ Bu gerçekten hoş ve dikkatli bir şekilde söylenmiş bir sözdü. Ed Wilson ona ödül vermişti ve aynısını zaten bahsedildiği gibi Bill Clinton da yapmıştı.

Fakat Carl Woese’a gelindiğinde durum farklıydı. Maceraperest fikirlerine Woese’in çok az sabrı vardı ve Lynn ayrıca Woese’a yakın, ona sadık olan bazı biliminsanları tarafından da küçümsenmekteydi. Sanki savaşta karşısına dizilmiş bir grup gibi, onlardan “Woese’in Ordusu” olarak bahsediyordu. Bu sadık isimlerden birine Margulis hakkındaki düşüncelerini sorduğumda, sessizce tükürür gibi yaparak cevap vermişti. Bu hisler derinlere gidiyordu. Onları iyi tanıyan Jan Sapp’a göre Woese ondan hazzetmiyordu ve ordu metaforuna içermişti. Sapp’a, “Bir daha bunu söylediğini duyarsam, dava açacağım,” demişti.¹⁶⁸ Woese’in kendisi de yaşamın üç büyük âlemi olarak adlandırmayı tercih ettiği kategorilere terimler seçerken, *imparatorluk*, hatta *krallık* gibi militarist ve egemenlikle ilgili sözcüklerden uzak durmaktaydı.¹⁶⁹ Dışarıdan bakıldığında özellikle sakin ve barışçıl biri gibi görünmese de, bu husus onun için çok önemliydi. Bu esnada Margulis 1982’de *Five Kingdoms* [Beş Krallık] adında bir kitabın eşyazarlığını yapmıştı. Eserde yeryüzündeki yaşamın beş temel kolunu betimliyor, Woese’in 1977’de üçüncü yaşam formu üzerine

yaptığı büyük keşfi görmezden geliyor ve buna karşı çıkıyordu. Üç âlem mi vardı? Yoksa beş krallık mı? İkisi birden haklı olamazdı.

Woese 1991’de yazılmış özel bir mesajda Margulis hakkındaki saygıdeğer fikirlerini dikkatli bir şekilde ifade etmişti. Bunları Lynn’ in mezun olduğu Chicago Üniversitesi’ndeki kolejin başında bulunan ve ona fahri doktora vermeyi düşünen dekanın ricasına bir yanıt olarak yazmıştı. (Şu veya bu sebeple bu doktorayı hiç alamadı ve diğer 15’yle yetinmek zorunda kaldı.) Carl Woese, Chicago’daki dekan, destekleyici sözcükler duymak için mantıklı bir tercih gibi görünmüş olmalıydı: Hücre evrimiyle ilgilenen ve Illinois’de çalışan, dünyaca tanınan başka bir biyolog. Woese dobralığı tercih etmişti. “Eğer yalnızca Profesör Margulis’in fahri doktora almasını desteklemek adına övgülerle dolu bir tavsiye mektubu almak istiyorsanız, yanlış kişiye geldiniz,” diye yazmıştı Woese.¹⁷⁰

“Onunla çok derinlere uzanan bilimsel anlaşmazlıklarımız var,” diye ekliyordu. Burada bırakabilirdi ama bırakmamıştı.

Woese hakkını teslim edip dekana onun iyi bir öğretmen olduğunu söylüyordu. Bu açıdan ününü sonuna dek hak ediyordu. Onun nezdinde Margulis “öncelikle bir öğretmen”di ve yeni bilime katkısı ikinci sırada geliyordu. Ökaryotik organellerin kökeninde endosimbiyoz “fikrini yaymak için herkesten fazlasını yapmıştı” “ve bu sebeple büyük övgüler hak ediyordu.” Fakat bu fikir elbette sadece ona ait değildi. Aslında teorisindeki doğru kısımların onun özgün fikirleri olmadığını, özgün olanlarınsa doğru olmadığını belirtiyordu. Kamçılar konusunda yanlışmıştı (onun *undulipodia*’ları). İlkel konak hücrelerin –içinde yakalanan bakterilerin gömüldüğü– bakteri oldukları konusunda da hatalıydı. Woese, verdiği dersler ve popüler yazılarıyla hücresel evrimin “haberini yayma” çabalarının çok etkili olduğunu söyleyip ona teşekkür ediyordu. Arkasından da şunu ekliyordu: “Maalesef bu haberin kendisi bir nebze kusurlu.” Kafa karışıklığına yol açan tohumlar ekiyordu.

Özellikle *Five Kingdoms* kitabını tasvip etmemekteydi. İlk baskısının yeterince kötü olduğunu ama hatalarının “mazur görülebilir” türde olduklarını söylüyordu dekana. 1988’de yayımlanan gözden

geçirilmiş baskısı onu daha da rahatsız etmişti. Bu mazur görülemezdi çünkü iki baskı arasında geçen altı yıllık sürede, (muhtemelen kendisi) ona ve yayıncısına “mikrobik evrimde rastlanan yeni bulgular”a bakarak kusurlarını gidermeleri tavsiye edilmişti ama sorunu çözmek için neredeyse hiçbir şey yapmamışlardı. Woese’a göre sorun, Margulis ve diğer yazarın ısrarla 1977’de yaptığı büyük keşfi, yani ayrı yaşam formunu kesinlikle ayrı bir şey olarak görmemeleiydi. Sorun üç âleme karşı beş krallığın tanımlanması ve hiçbirinin adının arke olmamasıydı. Carl Woese’in affedemeyeceği yahut görmezden gelemeyeceği mesele, onun yaşam ağacının kendisinininkinden temelden farklı olmasıydı.

4

Büyük Ağaç

Şubat 1864'ün sonlarında Charles Darwin postadan tuhaf bir paket aldı. Küçük köyündeki sadık postacısına, dünyanın çeşitli yerlerinde temas kurduğu kişilerden gelen yazışmaları ve doğa tarihi numunelerini (ölü güvercinler, Fransız bezelyeleri, salamura yaban kazları ve daha başka şeyler) taşıttırmış bir kişi için bile tuhaftı. Bu paket yaklaşık 32 kilo ağırlığındaydı. İçinde iki büyük folyolu cilt vardı: Birinde çarpıcı bakır levha oymalar, diğerinde ise *Die Radiolarien* [Işınılılar] adlı bir metin vardı. *Die Radiolarien* denilen, kristal avizelerle dolu galeriler gibi her türü birbirinden farklı, detaylı silis iskeletler üreten, tekhücreli ve planktonik bir deniz yaratığı hakkında yazılmış bir monograftı. Darwin kitabı –bilgilerle dolu ama çok süslü bir kitaptı– bir yıl önce veya daha öncesinde, Londra'ya yaptığı bir ziyaret esnasında, muhtemelen dostu Thomas H. Huxley'in evinde görmüştü. Şimdi bir kopyası, genç bir Alman zoolog ve sanatçı olan Ernst Haeckel'in teveccühleriyle birlikte kendisine yollanmıştı.

Darwin Haeckel'le hiç tanışmamıştı ve onu sadece birkaç kibar mektuplaşmadan tanıyordu. Darwin için zor bir zamandı. *Türlerin Kökeni* adlı eserinin getirdiği şöhret ve ihtilafların baskısı altında ezil-

menin dışında, yetişkinlik hayatının büyük bir bölümü boyunca kendisini cezalandırmış gizemli hastalığının nüksetmesinden mustarıptı. Haeckel Darwin'i *Beagle* günlüğünden tanıyordu. İçinde evrimle ilgili açık hiçbir mesajın olmadığı bu çok satan seyahat kitabı, on yıllar evvel yayımlanmıştı ve *Türlerin Kökeni*'nden daha önemlisi, İngilizce ikinci baskısı çıktıktan hemen sonra Almancaya çevrilmişti (kötü bir tercüme-ydi ama ilham verecek kadar da iyiydi). Haeckel'in yaşamı, vizyonu ve bilimsel gayeler için duyduğu his *Türlerin Kökeni*'nden okumasıyla değişmişti. Dahası kahramanının bunu bilmesini istemişti. Böylece bu hediye-yi yollarken altta bir beklenti yatmaktaydı: *Lütfen beni okuyun*.

Darwin hemen bir hafta sonrasında nazik bir yanıt yolladı ve Haeckel'e *Die Radiolarien* için şöyle diyordu: "Şimdiye dek gördüğüm en muhteşem çalışmalardan biri ve kopyasını şahsen yazarından almış olmaktan gurur duyuyorum."¹⁷¹ Kibar ama meşgul bir adamın dikkatli dilinden çıkmıştı bu ve kitabı görüp ona sahip olmak kolayca haber verilebilirken, onu okumak bütünüyle başka bir meseleydi. Darwin Almancayı ancak ağır ve sıkıntılar çekerek okuyabiliyordu; dolayısıyla 570 sayfalık metinde çok ileri gitmiş olamayacağı gibi, 232. sayfanın dipnotlarında Haeckel'in adeta yağcı bir şekilde kendisini ve teorisini selamladığını da görmüş olamazdı. Fakat en azından çizimleri taramıştı. "Takdire şayan bir şekilde çizilmiş resimlerinizi incelemek çok ilginç ve öğretici," diyordu Darwin. "Çünkü bu denli alt bir gruba ait hayvanların böyle aşırı güzel yapılar geliştirebileceklerine dair hiçbir fikrim yoktu." Kendisi radiolaria* hiç çalışmamıştı, *Beagle*'in güvertesinde bile.

Darwin'in fikrinin olmadığı diğer bir şeyse –bunu öngöremeyeceği 1864 yılında mümkün değildi zaten– bu genç ve coşkulu Alman sanatçı-biliminsanın sonrakı 55 yılda, Darwin'in teorisini öne çıkarmada ve Darwin'ci yaşam ağacı konseptini tarif etmede oynayacağı devasa roldü. Doğrusu 20. yüzyılın başlarında yani Darwin'in ölümünden uzun süre sonra, Haeckel dünyanın hayattaki en meşhur Darwin'cisi olacaktı ve ağaçları yaşam tarihinin popüler kavranışı içinde derin kökler salacaktı.

Ernst Haeckel 16 Şubat 1834'te doğmuştu. Doğum günü onu tam olarak Darwin'den 25 yıl genç biri yapıyordu. Dahası Darwin kariyerinin ortasında büyük şöhrete kavuştuğunda onu ateşli ve kolayca etkilenmesinin mümkün olduğu bir yaş aralığına mükemmel bir şekilde yerleştiriyordu. Haeckel'in babası bir hukukçuydu ve ailecek Saksonya'nın küçük kasabalarından biri olan Merseburg'a taşınmaya dek Potsdam'daki Prusya mahkemelerinde müşavirlik yapmıştı. Ernst Merseburg'da büyüdü. Anne ve babası onu büyük edebiyat eserlerine ve ciddi fikirlere açtı –Friedrich Schiller'in şiirleri, Johann Wolfgang von Goethe'nin doğa felsefesi– ve henüz küçük bir çocukken, Alexander von Humboldt'u, Matthias Schleiden'in canlı botanik kitabı *The Plant and Its Life*'i [Bitkiler ve Yaşamları] ve Darwin'in *Beagle* günlüğünü okumuştı. Hepsi de onu maceralarla dolu bilimsel seyahatlere bileyen kitaplardı. Alman Romantik düşüncesinin uzman âlimi olan ve yaşamöyküsünü yazmış Robert J. Richards'a göre Humboldt ve Schleiden'dan “doğanın düzgün bir şekilde evrim geçirmesi için teorik yargılar kadar estetiğe de ihtiyacı olduğunu” öğrenmişti.¹⁷² Haeckel botaniğe sıcak bakıyordu ama 18 yaşına

gelince, pratik meseleleri önemseyen babası tıp okuması için ona baskı yapmıştı. Würzburg Üniversitesi'ne kaydoldu ve tıp müfredatından nefret etmesine rağmen öğrenimini sürdürdü. Derslerinin ortasında zamanını daha çok Humboldt ve Goethe'yi okumaya harcıyordu. Ardından klinik eğitimi geldi. Richards'ın değerlendirmesine göre bu eğitim ağırlıkla Würzburg'un yoksul kesimleri arasındaki "korkunç solucanlara, raşitizme, sıracı ve göz hastalıkları"na adanmıştı.¹⁷³ Haeckel bundan tiksiniyordu. Albert Schweitzer olmak için doğmamıştı. Tıpta sevdiği yan otopsilerdi. Anatomiye duyduğu ilgiye uygun bu korkunç egzersizden haz alıyordu. Ayrıca hücre ve dokuların mikroskopik anatomilerini inceleyen histolojiden, yani dokubilimden hoşlanıyordu. Bir gözü mikroskopta diğer gözü sayfada, küçük yapıları ince ayrıntılarıyla çizmeye yeteneği olduğunu keşfetmişti. Bu ilerde radiolaria üzerine çalışırken işine yarayacaktı.

Mart 1858'de devletin yaptığı tıp sınavlarını geçti ama asla doktorluk yapmadı. Bu noktada tıptan vazgeçip zoolojik araştırmalar yapmaya girişti. Anatomiye kapsayan ama onun çok ötesine geçen morfoloji Haeckel'i adeta büyüliyordu. Anatomi bedensel yapıları incelerken, morfoloji bedene ait yapılar *arasındaki ilişkileri* ve *kıyaslamaları* inceliyordu. Morfoloji nereden ve neden gibi evrimsel sorulara yönelirken, anatomi betimleyici nitelikteydi. Haeckel çok kısa bir sürede bu ipucunun peşinden gidecekti fakat başlarda bu onun için sadece doğa araştırmalarından ibaretti. Özellikle içlerinde o radiolaria'nın da olduğu, kendisine tuhaf bedensel yapılarla dolu bir evren sunan deniz yaratıklarını çok sevmişti.

Haeckel ateşli bir gençti. Entelektüel, estetik ve duygusal heyecanlara duyduğu derin eğilimle, Schiller ve Goethe'nin geleneğine ait bir Alman Romantiği'ydi. Deniz biyolojisine ilgisi 1854 yılında tıp çalışmalarından kaçtığı bir yaz mevsiminde başlamıştı. O yaz bir arkadaşıyla Hamburg'tan, Kuzey Denizi'nin 40 mil kadar açıklarındaki küçük takımadaya, Heligoland adalarından birine kalkan bir tekne yakaladılar. Her şey bir eğlence olarak başlamıştı fakat oraya denizyıldızlarını, denizkestanelerini ve diğer ekinodermi* araştır-

mak için Berlin'den gelmiş meşhur zoolog Johannes Müller'e rastlamaları sayesinde bu yolculuk Haeckel için şekillendirici bir deneyim olmuştu. Denizden omurgasız hayvanları toplayıp bu biliminsanıyla birlikte onları incelemek çok aydınlatıcı bir deneyimdi. Müller'in arkadaşlığı ve rehberliği Haeckel'i botanikten deniz zoolojisine savurmuş, özellikle de ilgisini omurgasız canlılara yöneltmişti. Berlin'e dönen Müller dergisinde, kendisi hâlâ tıp öğrencisi olan Haeckel'in ilk zoolojik araştırma makalesini yayınladı. Akıl hocalığı yapmaya devam edebilirdi ama Nisan 1858'de Müller aşırı dozda afyon aldığından hayatını kaybetti. Muhtemelen bir intihardı. Haeckel depresyon nedeniyle böyle yaptığından şüphelenmişti.

O bahar Haeckel için karanlık ve kafa karıştırıcı günlerdi. 24 yaşındaydı, bilimsel bir kariyer için tıbbı bırakmıştı ve şimdi en iyi öğretmeni erkenden mezara girmişti. Bu kargaşa bize daha sonra yaşanacakları anlamamızı sağlayan bir bağlam sunmaktaydı: Müller'in cenazesinden iki gün sonra Haeckel, Anna Sethe isimli genç bir kadınla nişanlandı. Onu yaklaşık altı yıldır tanıyordu ve kendisi ilk kuzeniydi, yani dayısının kızıydı. Haeckel'in erkek kardeşi ise Anna'nın kız kardeşiyle evlenmişti. Anna'yla tanışması onların evlilikleri sayesinde olmuştu. Onu 17 yaşında dans eden bir "peri" olarak görmüştü.¹⁷⁴ Aileler arasında bu tarz girift akraba evlilikleri, 19. yüzyılda orta sınıf çevrelerde nadir veya tahrik edici şeyler değildi: Charles Darwin'in kendisi de ilk kuzeni Emma Wedgwood'la evlenmişti ve Darwin'in kız kardeşi Caroline, Emma'nın erkek kardeşi Josiah Wedgwood III'ün eşi idi. Fakat sıcak aile bağlarına rağmen Haeckel (Alman Romantikleriyle karıştırılması tamamen imkânsız olan Darwin'in aksine) seçtiği eşini büyük bir tutkuyla bağrına basmıştı. Onun için Anna, "mavi gözleri, sarı saçları, canlı doğal zekâsıyla Almanya'nın gerçek bir orman çocuğu" ydu ve onunla "her düşüncesini ve her eylemi"ni paylaşmaya can attığı ruh eşi idi.¹⁷⁵ O yaz gönderdiği bir mektupta kendisine şunları yazmıştı: "Bu kasvetli ve umutsuz mantık alanından umudun ve inancın ışığına (ki hâlâ benim için bir muamma) ancak senin aşkınla kavuşabiliyorum sevgili, biricik Anna'm." Maalesef henüz işi olmadığından onunla evlenemiyordu.

Haeckel'in diğer büyük tutkusu bilimdi. Kendisini geçindirecek ve muhtemelen evlenmesine yardımcı olacak tıbbı geri dönmek yerine, kendisini bir tür bağımsız çalışan olarak deniz zoolojisine attı. Yine pratik gerekçelerden çok gönülle ve tutkuyla yaptığı bir şeydi. Biraz ekipman topladı ve 1859 başlarında İtalya'ya gitti. Bir turist olarak Floransa ve Roma'yı gördükten sonra, sanat eserlerindeki usandırıcı dinî motiflerden hazzetmeyip deniz kıyısında olduğu için Napoli'yi denemeye karar verdi. Bu da çok yolunda gitmedi. Köhne çukurlarda yaşıyor, Napolililerden hazzetmiyordu. Dinî inancını kaybetmiş ve çalışmaktan usanmıştı. Rıhtımda balıkçılardan aldığı ve içlerinde balıkların yanında yakalanan ufak canlıların olduğu kovalarda zooloji yapmaya çalışıyordu. Orada yaklaşık altı ay geçirdikten sonra, Haeckel bir yere varamadığını hissetti. Bunun üzerine Napoli Körfezi'nden Ischia Adası'na geçip –bu seferki Akdeniz'de, Heligoland'e göre daha sıcak ve daha güzel bir adaydı– bir palet ve şövale alıp resim yapmaya koyuldu. Seyahatte karşısına çıkan kişiler bakımından şanslıydı. Bu sefer aynı zamanda ressamlık yapan Alman şair Hermann Allmers'le tanışmıştı. Allmers kanca burnu ve sivri çenesiyle ufak tefek, yaşlıca bir adamdı. Uzun, yakışıklı, uzun suratlı, kıvrırcık sarı saçları ve sakalları olan, muhtemelen Akdeniz güneşiyle artık bronzlaşmış Haeckel ile tuhaf bir ikili olmuşlardı. Fakat ilgi alanları, yetenekleri ve huyları iyi uyuşuyordu ve adada boş boş gezindikleri bir haftanın ardından hızla dost olmuşlardı.

Ischia'dan Capri'ye gittiler ve orada yüzerek, resim yaparak ve tarantella dansı yaparak (en azından Haeckel yapmıştı) vakit geçirdiler. Tam da 25 yaşında tasalı bir gencin yapması gereken, içindeki kurtları döktüğü bir ara dönemdi fakat Haeckel'i Anna'yla evlendirmeye hiç yaklaştırmıyordu. Capri'de bir ay geçirdikten sonra Allmers'le birlikte Sicilya'daki Messina'ya gittiler. Sadece başka bir adaydı fakat Haeckel için bilime geri döndüğü yer olacaktı çünkü bu Johannes Müller'in saha çalışmalarını yaptığı yerdı. Eğlence ve resimle, Sicilya'yı arşınlayarak, Etna Dağı'nı tırmanarak geçen ilave beş haftadan sonra Allmers ayrılmak zorunda kalmıştı ve Haeckel zoolojiye yine ciddiyetle eğilir olmuştu. Sicilya'nın manzarasını sıkıcı ve tatsız bulmuştu fakat deniz bolluk ve çeşitlilikle doluydu. Sudan

çıkanlara bakan Haeckel, Messina'yı "zoolojinin Eldorado'su" olarak adlandırmıştı.¹⁷⁶

Hâlâ sanat ve bilim arasında bölünmüş haldeydi. Bir yanda zengin deneyimleriyle sanatçılara has romantik vizyonu, diğer yandaysa evlenmesini sağlayacak maaşıyla akademik bir biliminsanı duruyordu. Gördüğü ve incelemeye çalıştığı deniz yaratıklarının çeşitliliği karşısında adeta boğulmuştu. Rober J. Richards'a göre 1859 Kasım'ının sonunda, "İtalya'da yapacağı araştırmalar için geriye sadece birkaç ayı kalmış Haeckel, nihayet sadece tek bir hayvan grubuna, neredeyse hiç bilinmeyen radiolaria'ya odaklanmaya karar verdi."¹⁷⁷ Işınlılar sınıfındakiler aslında hayvan değil, bambaşka şeylerdi ama boş verin. O dönemde bu gerçek Haeckel için bilinen bir şey değildi ve önemsizdi.

Ernst Haeckel Messina'da deniz suyundan topladığı numunelerinde, bu küçük ve camı yaratıkların dudak uçuklatıcı bir çeşitlilikte olduğunu görmüştü. Dahası birkaç ay içinde memleketine, daha önce bilim dünyasının tanımadığı ve yüzü aşkın türü temsil eden numuneler yollamıştı. Saygıdeğer hocası Müller, radiolaria üzerine kısa bir monografi yazarak onu bu konuya yöneltmişti. Müller bu yazısını intiharından kısa bir süre önce yayımlatmıştı ve Haeckel İtalya'ya giderken yanına almıştı. İşe başlarken ağırlıkla bu yazının rehberliğiyle hareket ediyordu. Fakat yeni türlerini keşfetmekle kalmayıp bu yaratıkları mikroskobik ayrıntılarıyla çizerek hızla Müller'i aşmış, yumuşak iç anatomilerinin yanı sıra dışlarındaki silika iskeletleri de incelemeye başlamış ve bunları bir nebze düzenli bir şekilde sınıflandırmaya çalışmıştı. İtalya gezisinden sonra Almanya'ya dönen Haeckel, Berlin Zooloji Müzesi'nde topladığı hasat üzerinde çalışma izni aldı ve bir rapor kaleme almaya başladı. Aynı dönemlerde, 1860 yazında odağına ve devinim gücüne başka bir etmen daha eklendi: *Türlerin Kökeni*'nin Almanca baskısını okumuş ve Darwin'in teorisine adeta âşık olmuştu.

Radiolaria üzerine yazdığı rapor büyüyüp bir teze dönüştü ve tezi kısa sürede Haeckel'in devasa, iki ciltli, bol bol resimlerle süslenmiş monografisi olacaktı. Fakat hâlâ Anna'yla evlenecek mali durumu yoktu veya olmayacağını düşünüyordu. Bu sebeple ücretli bir işe girmek için radiolaria üzerine yaptığı çalışmaları durdurdu. Berlin'in güneybatısında bulunan Jena Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden bir arkadaşı ona asistanlık pozisyonu teklif etti. Zamanla buradan başka pozisyonlara gelebilirdi. Jena özel bir yerdi, Alman Romantizminin beşiği sayılıyordu. Ayrıcalıklı bir üniversiteye sahipti ve kültürel mayasıyla entelektüel birikimiyle zengin bir yerdi. Schiller'in ve diğer filozoflarla şairlerin ruhu her yerine sinmiş durumdaydı. Hemen Weimer'dan aşağı giden yolda Goethe yaşamıştı. Richards bize teklif edilen işle ilgili şunları söylüyordu: "Başka tercihi yoktu. Jena, Romantik coşkunun o sıcakkanlı ve enerjik nabızı reddedilebilecek bir şey değildi; hele buna sarılması onu başka bir sevgilinin kollarına yani Anna'ya da kavuşturabilecekken."¹⁷⁸ Haeckel asistanlığı kabul etti ve üniversitede *privatdozent* olarak çalışmaya uygun bulundu. Sıkı çalışarak ve uzun saatlerini çalışmalarına gömerek, derslerini vermeyi sürdürmüş ve iki cildiyle *Die Radiolarien*'i bitirmiş, Berlin'de kitabını bastırmıştı. Kimsenin tanımadığı yeni yetme bir bilginden gelmesiyle olağandışı sayılan bu kitabın gücüyle –aslında kimin olursa olsun olağanüstü bir çalışmaydı–, kendisine Jena'daki Zooloji Müzesi'nde iyi maaşlı bir profesörlük ve yöneticilik pozisyonu teklif edildi.

O yaz Haeckel, Berlin'e dönüp Anna'yla evlendi. Anna onun doğa ve sanat sevgisini paylaşıyor, entelektüel tutkularını bir nebze kavırıyor ve ona "Alman Darwin'im" diye hitap ediyordu.¹⁷⁹ Mutlulukları sadece 18 ay sürecekti.

Jena'da edindiği yeni statü tatmin ediciydi ama onu meşhur biri yapmamıştı. Karanlıkta kalmış genç bir zoologdan, Charles Darwin'in teorisini açıklayan öncü isimlerden birine dönüşmesi, 19 Eylül 1863 tarihinde büyük bir bilim kuruluşu olan Alman Doğabilimcileri ve Fizikçileri Topluluğu'nun düzenlediği 38. toplantıda elde ettiği kamusal bir zaferle birdenbire gerçekleşti. O yılki toplantı Prusya kenti Stettin'de yapılmıştı. Haeckel büyük açılış seminerini vermek üzere davet edilmişti.

Topluluk üyeleri ve misafirlerden oluşan ve konudan haberdar edilmiş 2.000 kişilik bir kitle karşısında, yaklaşık bir saat doğal seçimle evrim üzerine konuşmuştu. Haeckel daha eski düşünürlerin evrimsel fikirlerle uğraştığını ama Darwin'den önce kimsenin kalıtım ve çeşitlilik yasalarıyla somut bir teori sunmadığını belirtiyordu. Seleksiyon ve adaptasyon mekanizmalarını tarif etmişti. Darwin'in büyük fikrini destekleyen üç bulgu türünden bahsediyordu: Fosil kayıtlar, embriyolojide saklı ipuçları ve sistematik sınıflandırmalar içinde vurgulanan ilişki örüntüleri. İlişkililik ortak atalardan ayrılıp farklılaşıldığını ima etmekteydi. Haeckel şöyle diyordu:¹⁸⁰ "Bitki ve hayvanların tüm doğal sistemi, bu perspektiften bakıldığında büyük bir ağaç gövdesi gibi görünmekte olup kalıtsal ilişki tablolarının her biri sezgisel olarak, basit kökleri geçmişte gizlenmiş ve dallanıp budaklanmış bir ağaç formuyla temsil edilebilir."

Kullandığı sözcük *Stammbaum*'du; yani üzerinde her dalın ve sapın, doğal seçim yoluyla, muhtemelen ilk ve en basit yaşam hariç, başka yaşam formlarından evrilerek türemiş ayrı bir yaşam formunu temsil ettiği bir ağaç gövdesi, bir soy ağacıydı. (Kamuoyu karşısında yaşamın Tanrı'nın bir edimi olarak mı yoksa kimyasal bir tesadüf sonucunda mı başladığına hâlâ karar verememişti veya her halükârda muğlak bir tutum takınmıştı. Daha sonra ikincisini tercih edecekti.) Ayrıca Darwin'in *Türlerin Kökeni*'nde ima ettiği şeye netlik getirmişti: Bu evrimsel sürece, bu ağaca insanlar da dahildi.

Ağacın nasıl çizilmesi gerektiği başka bir meseleydi, ki Haeckel kısa süre sonra buna da eğilecekti. O an kendisini dinleyenlerin kuvvetli alkışlarıyla ve ertesi gün *Stettiner Zeitung* isimli yerel bir gazetede çıkan kapsamlı haberle keyif içindeydi. Darwin kendisine hediye ettiği kitaplar için teşekkür ettikten hemen birkaç gün sonra, bu haberin kupürünü gururla Darwin'e yollamıştı.

Haeckel'in yaşamında, Stettin'de elde ettiği sükseyle başlayan bu evre görkemli olsa da kısa ömürlü oldu. Anna'yla Jena'da, Darwin'in teorisi üzerine çok popülerleşen ve kendi elinden çıkma geniş çizimlerle gözler önüne serilen bir dizi seminer vermeye başladı. On yıllar sonra bir öğrencisi, Haeckel'in oditoryuma "Apollon'a özgü bir gençliğin muzaffer hücmu"yla nasıl atıldığını hatırlıyordu.¹⁸¹ Uzun ve inceydi. "Büyük bir beyne sahip olduğunu gösteren o geniş başından süzülen sarı bukleleri"yle düşünceli ama atılgan bir görünümü vardı. Gözleri kamaşan öğrencisinin tanıklık ettiği gibi o koca mavi gözleri "alev alev parlıyor ama dost canlısıydı. Muhtemelen o âna dek gördüğüm en yakışıklı adamdı." Verdiği seminerler de görünüşü kadar parlaktı. Haeckel kürsüsünde Darwin'in teorisiyle ilgili çalışmalarını sürdürüyor ve bunları radiolaria da dahil olmak üzere gerçek organizma gruplarına uyarlıyordu. Yeni yılın yani 1864'ün Ocak ayının sonlarında yaşamı birden karardı.

Anna, Richards'ın aktardığı kadarıyla akciğerle bağlantılı bir iltihaplanma olan plöreziye* yakalanmıştı. Önce durumu düzelmiş

Akciğer zarları arasında kalan boşlukta sıvı birikmesi. (Ç.N.)

ama sonra yine kötüleşmişti. Yahut başka bir şeyden mustarıptı. Bu sefer karnında başlayan ağrılar apandisite işaret ediyor gibiydi. Haeckel daha sonra bundan tifo ateşi olarak bahsedecekti. Farklı bir sülenkiye göre düşük yapmış ve ölümcül komplikasyonları olmuştu. Ayrıntıları kocasından saklanmıştı. Rahatsızlığı her ne olursa olsun, 15 Şubat gecesi Anna'nın ıstırapları doruk noktasına ulaştı ve ertesi sabah bilincini yitirdi. 16 Şubat ürkütücü olayların üst üste gelmesiyle, Haeckel için tuhaf bir gündü. Bilimsel çalışmaları nedeniyle Cothenius Madalyası adlı prestijli bir ödöl alacağını duydu. 30 yaşına bastı ve o ikinci Anna hayatını kaybetti.

Richards'ın biyografisindeki temel fikre göre, Anna'nın ölümü Haeckel'in yaşamında belirleyici bir an olmuştu. Dinî inancından geriye ne kaldıysa hepsini yok etmişti. Maddi boyuttan ayrı ruhsal bir boyutun olduğuna duyduğu inanç tamamen ortadan kalkmış ve bu olayla Darwin'ci teoriye adeta dinin yerini alan teolojik bir şey olarak yönelmişti. Darwin'i dahi geride bırakan (Darwin de kısmen en sevdiği kızının ölümüyle tetiklenmiş bir inanç kaybının içinden geçmekteydi) Haeckel, "monist bir din" olarak adlandırdığı merkezî güç olarak Tanrı'nın yerine doğal seçilimi koymuştu.¹⁸² *Monizm* ile kastettiği şey biraz çelişkili ve sersemce bir şeydi: Tanrı doğadır, doğa ise Tanrı. Zihin ve madde her şeyin altında saklı olan tek gerçekliğin iki tezahürüdür. Biri diğeri olmadan var olamaz ve bundan ötürü (dolaylı olarak) ölümsüz ruhlar ve ebedî ödülleri yoktur. Haeckel bunu "monoteizmin en saf hali" olarak adlandırmıştı fakat Yahudi-Hristiyan teologlar aynı fikirde değildi. Richards'ın kalemiiyle, Haeckel'in döneminde yaşayan Ortodoks inananlar için monistik metafizik "ancak ateizmi kapatan şeffaf bir örtü olarak görülebilir"di. Haeckel'in monizmi tarif edilmezliği veya sırf hayal ürününü andırmasıyla ne olursa olsun, Darwin'ci teorisine bakış açısına rehberlik etmişti. Bu teoriyi sonraki 55 yıl boyunca yazılarında ve seminerlerinde bu şekilde yaymıştı (her halükârda bu versiyonunu aktarmıştı).

Ancak bizim için daha önemli olan, bu teoriyi sanatiyle nasıl yaydığiydi. Yani varsayımsal şemalara harfler ve noktalar atmanın ötesinde, yaratıkların kendisini, türeme ve farklılaşma örüntülerini resmeden evrimsel yaşam ağaçları çizmesiydi. Filogenetiğe somutluk kazandırmıştı.

Haeckel'in Anna'nın ölümüne verdiği ilk tepki yıkıcı bir kederdi. Sekiz gününü yarı hezeyanlı bir şekilde yatakta geçirdi. Bu geçince ailesi onu bir nekahat kaçamağı için Fransa, Nice'e yolladı. Deniz kıyısında yürürken gelgit havuzunda güzel bir denizanasına gözü takılmış ve saatlerce onu izlemişti. Uzun dokunaçları ona Anna'nın saç bandından aşağı süzülen altın sarısı buklelerini hatırlatmıştı. Ölü eşini bir denizanasında görmek kulağa korkunç geliyor olabilir ama Haeckel'i yeniden doğa ve bilime duyduğu tutkuya bağlamasına yardımcı olmuş, çabaları artık onun anısına adanmıştı. O denizanası yeni bir türün temsilcisiydi ve Haeckel ona "Anna'nın saç bandı" anlamına gelen *Mitrocoma annae* adını verdi.

Ölümüne verdiği ikinci tepkiyse çalışmaktı. Kendisini yeni bir yazım projesine gömdü: Darwin'ci teoriye bakışını, monizmi ve kendisinin keşfettiği "doğa kanunları"ndan oluşma koca yapıyı, yine kendi bulduğu terminoloji içinde çerçeveye alıp sentezleyen iddialı bir kitap.¹⁸³ Darwin'in doğal seçilimi onun birincil yasasıydı fakat Haeckel'ci neticeler eklemek konusunda hiç çekingen davranmıyordu. Kalıtımın "yasa"larını ve adaptasyonun "yasa"larını önermek-

teydi. Kesintisiz veya sürekli yayılımların bir kanunu, kesintili veya örtük yayılımların ayrı bir kanunu vardı. Bağlantılı adaptasyon kanunu da vardı. Aynı şekilde birçok başka kanun daha vardı. Richards'a göre 140'tan fazlaydı ve bu yeni kitabı, "küçük bir şehrin belediye kanunları gibi yasaya benzer sayısız önermeyle dolu bir çalışma" olarak tarif ediyordu.¹⁸⁴ Haeckel'in üzerlerine serptiği yeni terimler, yasalarından çok daha kullanışlı ve uzun ömürlü olmuştu. *Ekoloji* terimini o icat etmişti. *Filogeni* terimi de onundu. *Ontogeni** terimini de o icat etmişti ve *biyogenetik yasa* dediği şeyi ortaya atmıştı. Buna göre bir bireyin embriyolojik gelişiminin izleri, onun evrimsel kökenlerinde takip edilebilirdi. Bu iddiaya göre insan embriyosu, önce bir balığın, sonra salamanderin, ardından da tavşanın embriyosuna benzer evrelerden geçiyordu. İleride herkesçe bilineceği gibi üç sözcükle şöyle özetlenmekteydi: Ontogeni filogeniyi yeniden özetler.

Haeckel yine iki cildi bulan, bin sayfalık çizimlerle dolu yapıtını, vahşi bir gayretle bir yıl içinde yazdı. Sonrasında şöyle diyecekti: "O dönemlerde münzeviler gibi yaşıyor, günde kendime sadece üç-dört saat uyuma izni veriyor ve tüm gündüz vaktiyle gecenin yarısını çalışarak geçiriyordum."¹⁸⁵ Eser 1866'da *Generelle Morphologie der Organismen* [Organizmaların Genel Morfolojisi] adıyla çıktı. Yaşayan canlıların biçimlerini inceleyen bu çalışmaya bu biçimlerin kökenleri de dahil edilmişti. Richards'a göre, "eserde Haeckel'in daha sonra düşüneceği her şeyin temeli" vardı.¹⁸⁶ Ayrıca dikkat çekici bir ağaç dizisi de içermekteydi. Onları kimsenin yapmadığı bir şekilde çizmişti: Evrimi doğal yetenekleriyle aydınlatan bir sanatçı-biliminsanı olarak.

Evrimsel ağaçlar çizme fikri Haeckel'in tasavvuruna muhtemelen, Darwin'in *Türlerin Kökeni*'ndeki sade ama önemli olan çizimle girmişti. Yahut iki başka kaynaktan birinin veya her ikisinin etkisiyle de girmiş olabilirdi: Darwin'in kitabını Almancaya çevirmiş paleontolog Heinrich Georg Bronn veya Haeckel'in dostu ve dilbilimci August Schleicher. Bronn 1858 yılında yaşayan canlıların gelişim

yasalarıyla ilgili bir deneme yayımlamıştı ve bu denemede bir ağacın bir tür çöp insan tarzıyla yeniden yorumlanmış şekli vardı. Başka bir yalın soyutlamaydı ve soyların geliştiği fikrine işaret eden ama ayrıntılara girmeyen süssüz bir eskizdi. Bronn'un kendisi o dönemde, yani Darwin'in kitabı İngilizce olarak yayımlanmadan bir yıl önce henüz evrimci değildi. Dahası Bronn formların gelişimini doğal bir başkalaşıma değil, "yaratıcı bir güç"e atfetmekteydi. Dolayısıyla ağacı eski tip bir ağaçtı. Yine de Haeckel bunu görmüş ve yeni bir anlam çıkarmış olabilirdi. Haeckel'in muhtemel esin kaynaklarından ikincisi, Schleicher'in kendi tabiriyle "Darwin'ci" dilsel evrim teorisini sunduğu kitap.¹⁸⁷ Bu eserde antik dönemlerden modern zamanlara dillerin farklılaşması dallara ayrılan bir şemayla betimlenmişti. Bunların etkisi olsun olmasın, Haeckel ağaç şemasına sıkıca sarılmış ve evrimsel ağaçlar çizme konusunda Darwin'in, Bronn'un ve geri kalan herkesin ötesine geçmişti. Bunların sekizini, canlı şeylerin sekiz temel kategorisini kapsayan *Generelle Morphologie*'sinde topladı.

Söylediğim gibi onunkiler çok farklıydı: Farazi değil kesindi. Bu ağaçların kolları ve dallarından çıkan meyveler, muğlak harfler değil, gerçek yaratıkların ve yaratık gruplarının isimleriydi. Her ağaç, hangi hayvanın, bitkinin veya diğer yaşam formlarının diğer hangi hayvan, bitki ya da yaşam formlarıyla ortak atalara sahip olduğunu söyleyen somut önermeler sunmaktaydı. İcat ettiği yeni sözcükleri güzel bir şekilde kullanacak olursak, bazıları filogenileri de (yani kadim soyların tarihlerini) sunmaktaydı. Önemi azımsanmayacak bir diğer şeyse, ağaçlarının görsel olarak zengin ve ustalıkla çizilmiş olmasıydı. Haeckel'in çizim yeteneklerini ve ayrıntılara gösterdiği manyakça özeni açığa sermekteydi. En karmaşık olanı, *Stammbaum der Wirbelthiere*, yani Omurgalıların Aile Ağacı sayısız uzun ve ince dala sahipti. Boylu boyunca uzanıyor ama biraz yanlara doğru da açılıyordu. Öyle ki sert bir akça ağaç veya kara ağaç gibi değil de, akıntıda nazikçe salınan büyük bir denizyosunu öbeği gibi görünüyordu. Daha önce kimse Haeckel'in ağaçları gibi ağaçlar çizmemişti.

Omurgalı ağacının içinde tabii ki memeliler, sürüngenler, amfibiler, balıklar ve kuşlar vardı. Sol uçtaki dikey ekseninde, bu kategorilerin oluşumunu kapsayan jeolojik zamanın ilerleyişi gösterilmek-

teydi. İçinde diğer birçok başka formun yanı sıra duygusal gözdele-
rinden denizanalarının da türediği Selenter Aile Ağacı vardı. Ayrıca
Yumuşakçaların, Bitki Krallıklarının ve içinde eklembacaklılarla
solucanların olduğu Eklemli Hayvanların Aile Ağaçları vardı. Me-
meliler omurgalıların ağacında bulunmalarına karşın kendilerine ait
ayrı bir ağaca, *Stammbaum der Saugethiere*'ye (Memelilerin Aile Ağa-
cı) sahipti. Sağ üst köşede "Homo sapiens" isimli küçük kolu görebili-
yordunuz. Hemen yanında aynı küçüklükte gorillerin kolu vardı.
Bu dallanmanın işaret ettiği şey açıktı: Bizler kuyruksuz maymunla-
rın başka bir türüyüz.

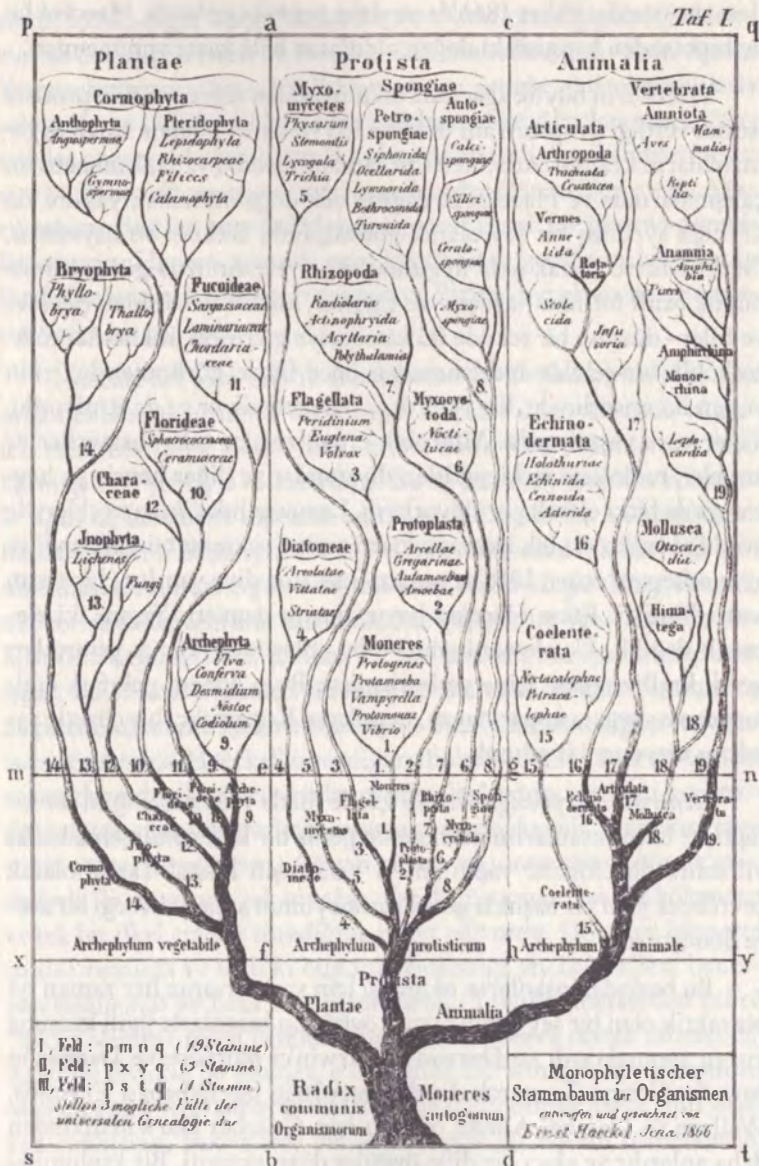
Haeckel her şeyi, büyük *Stammbaum der Organismen*'e yani tüm
organizmaların ağacında toplamıştı. Hepsini dikey eksenle yükse-
len ama resmin alt kısmındaki üç ana hatla yatay dilimlere ayrılan
karmaşık bir şemayla resmetmişti. Bu üç hat, tüm yaşamın kökeni-
le ilgili üç alternatif hipotezi temsil etmekteydi. Bu ana hatlardan
herhangi birini başlangıç noktası olarak aldığınızda farklı bir hipo-
teze ulaşıyordunuz. Ağacın 19 tali kolu vardı. Hepsini dikey eksenle
uzuyor ve en üstteki ana hattın ötesine geçiyordu. Yani yaşamın bir-
birinden bağımsız bir şekilde 19 kez başladığına işaret ediyordu.
Ağaç, bu 19 kolun içinden türediği üç ana uzva sahipti: Yaşamın üç
bağımsız kökenine işaret etmekteydi. Biri bitkilerin, diğeri hayvan-
ların, ötekisiyse Haeckel'in sevdiği radiolaria'yı gibi diğer türlerdeki
yaratıklarındı. (Üçüncü gruba protistalar* adını vermişti ve orto-
doks düşünceden önemli bir kopuşu yansıtmaktaydı. Buna kısa süre
sonra tekrar döneceğim.) Ağacın tabanıysa, onun tek ve büyük göv-
desiydi: Tüm yaşamı tek bir ağaç olarak gösteriyor, tek bir kökenden
ve tek bir ilkel atadan türediğine işaret ediyordu. Gövdeye Moneres
ismini vermişti ve belli ki bununla kastettiği şey bakterilere benze-
yen tekhücreli ve basit organizmalardı. (Teknik sebeplerden ötürü
"tek" anlamına gelen isimleri sonrasında Monera olarak düzeltili.)
Ağacıyla birlikte bu hipotez, o dönemde Darwin'ci teoriyle yapılmış
olan en cesur uyarlamaydı. İnsanlar da dahil olmak üzere tüm yaşa-
yan canlıların, bakterilere benzeyen ortak bir atadan türediklerini

ileri sürüyordu. Fakat 1866'da ve daha sonraki yıllarda, Haeckel bu üç hipotezden hangisinin doğru olduğuna hâlâ karar verememişti.

Haeckel'in büyük ağacında takdim edilen diğer yenilik, protista ismini verdiği gruptu. Yani bitki ve hayvanların dışında kalan organizmaların krallığı. Aristoteles'in zamanından bu yana, Linnaeus'un çalışmalarında ve Haeckel'in çağına dek doğabilimciler, yaşamı iki krallığa ayırmış bir şey olarak görmüşlerdi: Bitkiler ve hayvanlar. Gayet basitti. Ortak akla uygundu. Eğer etrafımızda gördüğümüz büyük canlı formlar –ağaçlar ve çayırılar, kuşlar ve balıklar, çiçekler ve filler– düzgün bir şekilde iki kategoriye giriyorsa (mantarlar mikroskobik bir şekilde incelenmeden önce böyle görünüyordu), tüm yaşam iki unsurluydu. Bir yaratık ya hareket ediyor ya da etmiyordu. Yiyor veya yeşeriyordu. Mikrobik organizmalar bile –bakteriler ve amipler, radiolaria ve kirpikliler, diyatomlar ve diğer hepsi– ya hayvan ya da bitki olarak görülüyorlardı. Leeuwenhoek'in mercekleriyle gördüğü mikroskobik hayvancıklar üzerine yazması bu yüzdendi ve aynı sebepten ötürü 1818'de sadece Protozoa diye yanıltıcı bir terim icat edilmişti. Fakat Haeckel hayır, durun demişti: Yaşam iki elemanlı değildi. Üç elemanlıydı. Ve bu anlaşılmasız küçük yaratıkları kendi krallıklarının içine yerleştirmişti. Bu o dönem pek fark edilmeyen ve yaygara koparmayan, neredeyse Kopernikçi bir cüretle yapılmış vizyoner bir adımdı.

Generelle Morphologie ıstırap içinde inatla yazılmış yoğun bir kaptı ve biliminsanlarını etkilese de geniş bir kitleye ulaşamadı. İki yıl sonra düzeltmeler yapıp en iyi Yaratılışın Doğal Tarihi olarak çevrilecek yeni bir başlıkla genel kamuoyunun anlaşabileceği bir esere dönüştürdü.

Bu baskıda, insanların okuması için yazıyorsanız her zaman iyi bir taktik olan bir şey yapıp büyük öykünün insanlarla ilgili kısmına vurgu yapmaktaydı ve Darwin'e, Darwin'ci teorilere ve Darwin'in bazı öncülerine (Lamarck, Lyell, Darwin'in büyükbabası Erasmus, Wallace ve Haeckel Alman olduğu için Goethe) Darwin'inkinden daha anlaşılır ve akıcı bir dille övgüler düzmekteydi. Bir kaplumbağa, tavuk, köpek ve insanın embriyoları arasındaki benzerliklerin gösterildiği çizimin yardımıyla, biyogenetik kanunları, ontogeni ve

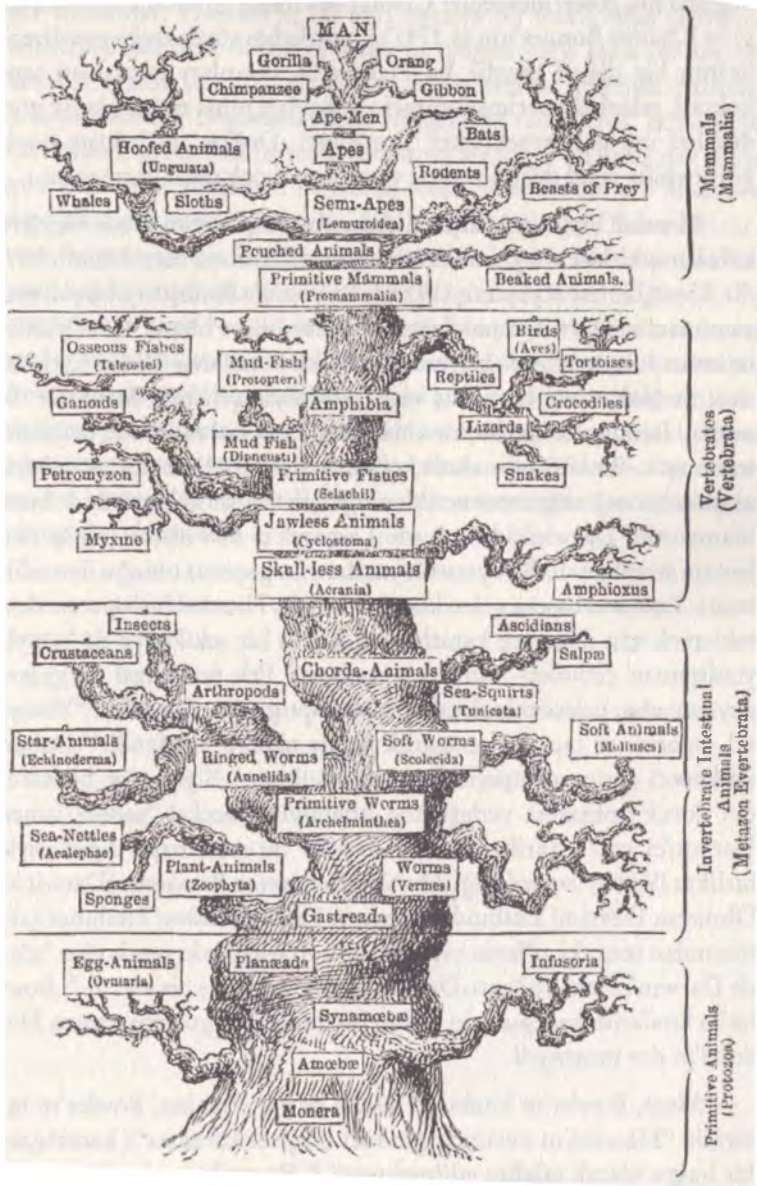


filogeniyi sunmaktaydı. Almanca 12 baskı yaparak ve birçok dile çevrilerek iyi satan bir kitap olmuştu. İngilizcede *The History of Creation* [Yaratılışın Tarihi] olarak (*doğal* sözcüğü kulağa çok materyalist geldiğinden atılmıştı) çıkmıştı ve bu versiyonun da bir dizi baskısı yapılmıştı. 20. yüzyılın başlarında bir tarihçi bu kitaptan “dünyada Darwin’cilikle ilgili bilgilerin temel kaynağı” olarak bahsetmişti.¹⁸⁸ Ayrıca içinde, çoğu üst katmanlarda bulunan hayvanların arasındaki ilişkileri tarif eden ağaçlar vardı. İnsanların etnik yapılarını gösteren, hangilerinin ilkel, hangilerinin ileri olduğunu gösterme niyeti taşıyan bariz derecede ırkçı bir ağaç da vardı. Şu tuhaf rastlantıya bakın ki Almanlar en üst dallardaydılar.

Meşgul ve üretken Haeckel, popülerleşmenin yanı sıra araştırmalarını da sürdürdü ve 1874'te sadece insanın evrimine adanmış veya altbaşlığında belirttiği gibi *The Developmental History of Man*'le [İnsanın Gelişimsel Tarihi] ilgili bir kitap yayımladı.¹⁸⁹ Ağaç çizimleri burada, daha sonra Haeckel'in "dev meşesi" olarak bilinecek bir resimle kreşendo noktasına ulaşmıştı. Muhtemelen en çok bilinen ve ayırt edilebilir sanat eseri buydu. Belki bir poster olarak görmüşsünüzdür. Tişörtünüze baskısını da yaptırabilirsiniz. Bu grafiksel formla, Monera'dan kurtçuklara, amfibilere ve sürüngenlere uzanıp nihayet bize ulaşan, insanın çizgisel soyunu gösteren versiyonudur. Bu ağacın sayvanı yoktur ve pek dallanıp budaklanmamaktadır. Altı kalındır ve göğşe çıktıkça incelmektedir. Dev bir meşeden ziyade, biraz tüylü, topraktan sökülmiş ve yukarıya çevrilmiş devasa bir şalgama benzemektedir. En üst dalına *Menschen* yani "insanlar" oturmaktadır. Hemen alt yanındaysa (yan yana değil) goriller, orangutanlar ve şempanzeler vardır.

Bu çizim bazı akademisyenlerin iddia ettiği gibi, Ernst Haec-

PEDIGREE OF MAN.



kel'in Darwin'ci kılığına girmiş, atalara çeken bir insanmerkezci olduğunu mu göstermektedir? Çizdiği dev meşe, Aristoteles'in önerdiği ve Charles Bonnet'nin ta 1745'te tasarladığı türde doğa merdivenlerinin bir diğeri miydi? Bu Haeckel'in insanları yaratılışın tepe noktası, teleolojik evrimsel sürecin yöneldiği nihai nokta olarak gördüğünü mü göstermektedir? Tam değil. Doğru, ilk bakışta böyle görünebilir fakat düşünce tarzı ve çizimleri çok daha karmaşıktı.

Haeckel biyoloji tarihçileri arasında, gerçek veya sözde fikirleri, kafa karışıklıkları ve günahları anlaşmazlık konusu olan ihtilafli biridir. Uzun bir hayat yaşamış (1919'da 85 yaşında ölmüştür), birçok eser yayımlamış, Darwin'ci teorinin sayısız türünü ve birçok "yasa"yı sözde onun dokusu altında benimserken, bazı konularda fikrini değiştirmiş, muğlak tutumlar almış veya kendisiyle çeliştiği durumlar olmuştu. Bundan dolayı bu tür anlaşmazlıklara bol miktarda malzeme sunmuştu. Bir düşünce ekolü, edinilmiş özelliklerin miras yoluyla aktarılabilceği düşüncesine aldandığı için (ne var ki Darwin de buna inanıyordu) Darwin'ciden ziyade Lamarck'çı biri olarak görüp onu kenara atmaktaydı. Biyogenetik yasalarının geçersiz olduğu ilan edilmişti. Yaşarken başına gelen kötü bir krizde, Haeckel bu hipotezi desteklemek için düzmece kanıtlar –ya kasıtlı bir şekilde ya da hatayla yanlışlanan çizimler– sunmakla suçlandı. Pek fazla fosil bulgulara dayanmadan paleontolojik çıkarımlar yaptığı için eleştirildi. "Yüzey-sel, tutarsız ve tam bir sersemlik içinde olduğu" söylendi.¹⁹⁰ Dahası ilerlemeci evrim görüşüyle, insanlığı mükemmelliğe giden bir sürecin doruk noktasına yerleştirme ithamıyla Haeckel "sadece ismen Darwin'ci"ydi.¹⁹¹ Tarihçi Peter J. Bowler bu suçlamayı, diğerleriyle birlikte 1988'de yayımladığı *The Non-Darwinian Revolution* [Darwin'ci Olmayan Devrim] kitabında yapmıştı. *Türlerin Kökeni* kitabının çıkmasından sonraki yıllarda evrimle ilgili fikirlere etki etmiş tüm "sözde Darwin'cilere" ve "anti-Darwin'cilere" adanmış bir eserd.¹⁹² Bowler'ın kitabının kapağındaki çizim, bu hususa vurgu yaparcasına Haeckel'in dev meşesiydi.

Meşe, Bowler'ın kitabının içinde de yer almakta, Bowler'ın tabiriyle "Haeckel'in evrimciliğindeki çizgisel karakter"i kanıtlayan bir bulgu olarak takdim edilmekteydi.¹⁹³ Bu muhtemelen haksız bir

eleştiriydi. İçlerinde biyografisini yazmış Richards'ın da olduğu diğer uzmanlar, Haeckel'in iki ayrı amaçla iki farklı ağaç çizdiğini belirtmişlerdi. İlki dallar ve sapların oluşturduğu koca bir sayvan olarak yaşamın yayıldığı geniş mesafeyi gösterme niyetiyle çizilmiş, *Stammbaum der Organismen* gibi filogenetik resimlerdi. İkincisiyse esas olarak soylardan birini aydınlatma amacıyla çizilmiş dev meşe gibi kalıtımsal ağaçlardı. Neticede meşe *Stammbaum der Menschen* diye adlandırılmıştı: Her şeyin değil, insanlığın ağacı. İnsanları zirveye koymuştu çünkü insanlarla *ilgiliydi*. Haeckel'in cesur tezini, yani hepimizin başka formların çizgisi üzerinde türediğimizi, bu çizginin en basit ve tekhücreli yaratıklara yani Monera'lara kadar geri götürülebileceğini söyleyen iddiayı göstermek için çizilmişti. Bundan dolayı gövdesi kalındı, çok az kolu vardı ve yukarıya çıktıkça inceliyordu. Yaşamın çeşitliliğini ve içindeki karşılıklı ilişkileri göstermeyi amaçlamamıştı. Haeckel romantik, ilerlemeci ve tutarsız bir Darwin'ci olabilirdi fakat o bile yaşam ağacının bir şalgam olmadığını biliyordu.

Haeckel durmayan bir şeyi başlatmıştı. 20. yüzyılın ortalarına dek paleontologlar ve biyologlar filogenetik ağaçlar yarattılar. Grafiksel açıdan kendi elleriyle veya ressamların yardımıyla çizilen bu ağaçlar, çıkarılan evrimsel ilişkileri ve kökenlerin tarihlerini resmediyorlardı. Bu ağaçları esas olarak canlı yaratıklar arasındaki benzerliklerle farklılıklara (karşılaştırmalı morfoloji), fosil kayıtlara ve embriyolojiye dayandırıyorlardı. Elleriindeki kanıtlar bunlardı. Moleküler filogenetik henüz yoktu.

Bu resimlerin bazıları tüm yaşama ait ağaçlar, bazılarıysa belli gruplara ait ağaçlardı. New York Amerikan Doğa Tarihi Müzesi'ndeki paleontologlardan Henry Fairfield Osborn, 1936'da mamutlar, mastodonlar ve fillerle süslü bir hortumlu memeliler ağacı yayımlamıştı. Ağacın kolları basit birer oktan ibaretti fakat kalın derili memeliler güzel bir şekilde çizilmişti. Britanyalı entomolog* ve hemipter**

Böcekbilimci. (Ç.N.)

Yarımkanatlılar. Böcekler (*Insecta*) sınıfından yaklaşık 50.000 ila 80.000 türden oluşan böcek takımı. Boyutları bir milimetre ile yaklaşık 15 santimetre arasında değişir. (Y.N.)

(bitkiler ve diğer hayvanlardan sıvı emerek yaşayan gerçek böcekler William Edward China, 1933'te hemiptera) taksonomisinde uzmanlaşmış familyalarının ağacını çıkarmıştı. Bir ağaç kadar geyşa yelpazelerini andırıyordu ve bilmek isteyenler için tahtakurusu ile süneler arasındaki akrabalık derecesini gösteriyordu. 1930'ların sonunda Sacramento Junior College'e gizlenmiş biyoloji öğretmeni Herbert F. Copeland yaşamın krallıkları hakkında, Haeckel'in tüm organizmaları içine alan ağacını yeniden basmak yerine, Copeland'ın kendi şemasını da içeren unutulmaz bir makale yayımladı. Copeland'ın tam olarak ağaç biçiminde değildi fakat aynı temel fikri ifade ediyordu: Soylar jeolojik zaman içinde açığa çıkmış ve çeşitlenip ayrıldıkça ekolojik alana yayılmışlardı. Copeland'ın çiziminde dalların yerine fûgler, fışkırtmaya hazır organ boruları gibi küme halinde dikey yönde yükselen, pürüzsüz koniler vardı.

Harvard'da paleontologluk yapan Alfred S. Romer, yüzyılın ortasında en iyi ağaç çizimi yapanlardan biriydi ve etkileyici ders kitaplarıyla, en başta da *Vertebrate Paleontology*'siyle [Omurgalı Paleontolojisi] yetişen genç biliminsanları arasında geniş bir kitleye ulaşmıştı. Bu kitap önce 1933'te basılmış, 1945'te gözden geçirilerek tekrar basılmıştı ve sonra bir kez daha gözden geçirilmişti. 1982'de bir kopyasını satın aldığım da hâlâ standart kaynaklardan biriydi. Ağaçlarının dalları yükseliyor ve kâğıt üzerinde siyah mürekkepten tüyler gibi kalınlaşıyordu. Bazı örneklerdeyse tekrar inceliyordu. Kapladığı mesafe zamanda yaşanan değişimler içinde farklı grupların karşılaştırmalı bolluğunu ve çeşitliliğini yansıtmaktaydı. Romer tüm omurgalıları içine alan, omurgalı sınıflarını gösteren ve bunların içinde şu alt kollara ait olan ağaçlar çizmişti: balıklar, amfibiler, sürüngenler, memeliler, geviş getiren memeliler, balinalar, kemirgenler. Şemasına baktığınızda, dinazorların bir sebepten ötürü Kretase Dönemi'nin sonunda yok olduğunu ama timsahların yok olmadığını, farelerinse Pleitosen Çağ'da serpilip geliştiklerini görebiliyordunuz. Romer'in ağaçları değişen alın yazılarından, atan nabızlardan ve solup gidenlerden bahsediyordu. Hepsisi evrimin öyküsü içinde temel unsurlardı.

Daha sonra, 1969 yılında Cornell Üniversitesi'nde bitki ekolojisti olarak çalışan Robert H. Whittaker'dan alışmadık bir ağaç geldi.

Kendi tabiriyle “geniş sınıflandırmalar” –yaşam krallıklarının numaralandırılması ve betimlenmesi– onun için birer yan bilgiydi.¹⁹⁴ Whittaker’ın ağacı sanatsal kabiliyet açısından pek yeni bir şey sunmuyordu ama bazı kışkırtıcı içerikler taşımaktaydı. Açıklamalı bir balon hayvan gibi görünüyordu. Belki daha kibar ve botanik bir tabirle hintinciri kaktüsü gibiydi. Kabaca beş yuvarlak lobdan oluşmaktaydı: Üç tanesi birinin üzerine yığılmış, o da başkasının üzerine konmuştu. Loblar, Whittaker’ın tüm yaşamın beş krallığı olarak önerdiği şeyi temsil etmekteydi.

Beş krallık mı? O dönemde bu yeni bir sayımdı ve radikal bir önermeydi. Dahası Whittaker bunu aşamalarıyla aktarmaktaydı. Kariyerinin başlangıcında, yani bitki ve böcek toplulukları üzerine çalışmalar yaptığı zamanlarda, yaşam formlarının en üst düzlemde nasıl sınıflandırılacağını çarpıcı bir şekilde gözden geçirmek şöyle dursun, bu meselenin üzerine eğileceğinin ipuçlarını dahi vermemişti.

Robert Whittaker, Toz Çanağı ve Buhran zamanında* doğu Kansas’ta büyümüştü. Çocukluğu kelebekler toplayarak, çayır ve ormanlarda gezinerek geçmişti. Ardından bazı meslektaşlarının ileride “çilekeş” ve “gergin” diye tanımlayacağı karakteriyle geleneksel değerlere katı şekilde bağlı bir adam olmuştu.¹⁹⁵ Fakat muğlaklığı gördüğü yerde ayırt edebiliyordu. Topeka’da koleje gitti, İkinci Dünya Savaşı sırasında Hava Kuvvetleri için bir hava tahmincisi olarak görev yaptı, ardından bu öyküde karşımıza çıkmaya devam eden bir yerde lisansüstü öğretimine başladı: Urbana, Illinois. Ekoloji üzerine çalışmak istiyordu. Botanik bölümü onu reddedince zoolojiye girdi ama yine de bir bitki ekolojisti oldu. Illinois’de, Zooloji Bölümü’nde hayvanlarla hiçbir ilgisi olmayan bir tez sunarak kendisini fark ettirdi.

Toz Çanağı (Dust Bowl), ABD ve Kanada çayırlarının ekolojisine ve tarımına büyük zarar veren şiddetli toz fırtınaları dönemi. Büyük toz fırtınaları çiftçilerin geçim kaynaklarını ve evlerini kaybetmesine neden oldu. Büyük Buhran’dan kaynaklanan ezici ekonomik koşullar ve deflasyonla birleşince, çiftçilerin durumunu ağırlaştırmıştır. (Y.N.)

Büyük Smokey Dağları'nın bitki örtüsü üzerine yaptığı doktora araştırmaları sırasında, Whittaker kendi bilim dalında gelenekleşen bir ilkeye meydan okumaya başlamıştı: Bitki topluluklarının tutarlı tür bileşimleri, net sınırları ve birer birim olarak, nerdeyse canlı organizmalarımız gibi katı gerçeklikleriyle istikrarlı, son derece bütünsel teşekküller olduğu fikri. Bu fikir ekolojik düşünce içinde, Frederic Clements isimli ekolojistin etkisiyle yükseltilmiş durumdaydı. Whittaker tezinde bunu çürütüyordu. Bitki topluluklarının bulanık sınırları ve “düşük gerçeklik dereceleri”yle bütünsel birimler değil gevşek teşekküller olduğunu gösteriyordu.¹⁹⁶ Yıllar sonra, deneyimleri ve başka çalışmalarıyla yaşam ağacı üzerinde yaptığı çalışmalara iki güçlü eğilim getirdi: Şeyleri ekolojik bir düzlemden görüyordu ve bu sınırların bazen muğlak olduğunu kabul ediyordu.

Çalışmalarının bir noktasında, Whittaker sadece bitki topluluklarının tarifiyle değil yaşamın en temel kategorileriyle de ilgilenir oldu. 1957'de bu doğrultuda yaptığı ilk girişimi, “The Kingdoms of the Living World” [Yaşayan Dünyanın Krallıkları] başlıklı kısa makalesini yayımladı. Kaç taneydiler ve nelerdi? Geleneksel bakış açısı sadece iki yaşam krallığını tanıyordu: bitkiler ve hayvanlar. Haeckel üç tane olduğunu söylemişti: bitkiler, hayvanlar ve ağırlığı mikrolardan oluşup geri kalan her şeyi içine katan protistalar. İçlerinde Britanya'dan Richard Owen ve John Hogg'un da olduğu eski doğabilimcileri de yaşamın üçüncü krallığını bulmuşlardı. Owen buna *Protozoa* adını verirken, Hogg Protocista (“ilk yaratılan varlıklar”) ismini icat etmişti. Fakat ne Owen ne de Hogg bir evrimciydi. Dahası filogenetik üzerindeki etkileri Haeckel'e kıyasla çok zayıftı. 1938'de içinde org borusu çizimlerin olduğu makaleyi yayımlayan Herbert F. Copeland dört krallıkla çıkagelmişti. Haeckel'i ilham kaynağı olarak görmüştü fakat mikroskobideki gelişmelerden ve mikrolar hakkındaki yeni düşüncelerden yararlanarak Mone- ra'yı (bakteriler) protistadan (hücre çekirdekli basit yaratıklar) ayırmıştı. Dolayısıyla Copeland için krallıklar resmî isimleriyle Mone- ra, protista, Plantae ve Animalia şeklindeydi. 1956 tarihinde çıkan, mikrobik yaratıkların karmaşık ve benekli çizimleriyle dolu olan fakat tuhaf bir şekilde hiçbir yaşam ağacına yer vermeyen kitabında, tezini daha ayrıntılı bir şekilde ortaya atmıştı. İç kapağına saygıyla

konmuş olan şey, en parlak haliyle (sakalı, dalgalı sarışın saçları, parıldayan gözleriyle) Ernst Haeckel'in fotoğrafıydı. Haeckel'in bu sahaya 20. yüzyılın ortasında bile ne kadar güçlü bir şekilde musallat olduğuna işaret etmekteydi. Robert Whittaker'ı krallıklar üzerine açıklama yapmaya kışkırtan şey görünüşe göre Copeland'ın kitabına verdiği tepkiydi.

Whittaker'ın yaklaşımı, büyük soruya morfolojiyle değil, ekolojiyle yanıt getirmeye çalışmasıyla eşsizdi. "Ekolojistler yaşayan dünya içinde, ne Copeland'inkine ne de iki krallıklı kavramsallaştırmaya tekabül eden ayrımların olduğunun farkındadırlar," diye yazıyordu.¹⁹⁷ Ekolojistler mikroskopi uzmanlarının ıskaladığı ayrımları görmekteydiler. Bu ayrımlar arasında en cesuru, Whittaker'ın belirttiği şekliyle üç organizma kategorisiydi: üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılar. Hayvanlar ayakta kalmak için diğer yaratıkları yutan tüketicilerdi. Bitkiler üreticiydiler. Güneş ışığı ve suyla besinlerini elde ediyorlar, bedensel varlıklarını canlı olmayan materyaller sayesinde yaratıyorlardı. Bakteriler ve mantarlar ise ayrıştırıcıydı. Besinlerini nazıkçe ölü veya diri başka yaratıkları ayrıştırarak sağlıyorlar ve bu parçalara yeni kullanım alanları veriyorlardı. Whittaker'ın 1957'de ileri sürdüğü önermede bu kategorilerin her biri bir krallığı temsil etmekteydi. Kendi kalemıyla bunu açıklamanın bir diğer yolu, "krallıkların esas itibarıyla evrimin takip ettiği temel yönler" olmasıydı ve bu yönler besin elde etmenin üç farklı yöntemini yansıtmaktaydı: yemek yeme, fotosentez ve özümseme.

"Krallıklar insanlara ait sınıflandırmalardır," diye ekliyordu.¹⁹⁸ Nitekim anlamlarını sadece, biz insanların onları tanımayı tercih etmiş olmamızdan alıyorlardı. Yani tamamen biyolojik bilgiyi düzenlemeyi uygun görmemiz sayesinde anlamlıydı. Bu bitki toplulukları hakkında söylediği şeylere benziyordu: Tek tek bitkilerden ve şu veya bu türün fertlerinden ayrı olarak toplulukların somut dünyada "düşük bir gerçeklik dereceleri" vardı. Bitki toplulukları bitkilerdeki farklılıkları düşünme biçimimizdi ve bunlar benzer ihtiyaçlara sahip bitkilerin benzer yaşam alanlarını paylaşmalarını sağlayacak şekilde düzenlenme *eğilimindeydiler*. Yaşamın krallıkları yaşamdaki çeşitliliği düşünme tarzımızdı, böylece biyolojinin mu-

azzam bütünlüğü karşısında burnumuz kanamıyor ve çaresizliğe kapılmıyorduk. Robert Whittaker'ın Herbert Copeland gibi, bilimsanı olduğu kadar profesör olduğunu da belirtmek faydalıdır. Elde etme ve düzenlemenin yanında, biyolojik bilgileri öğretmenin, içindekiengin çeşitliliği kullanışlı kategorilere yerleştirmeyi şart koştuğunu biliyordu.

İki yıl sonra üzerine biraz daha kafa yorduktan sonra, Whittaker "On the Broad Classification of Organisms" [Organizmaların Geniş Sınıflandırmaları Üzerine] başlıklı makalede şemasını gözden geçirdi. Açıkça her şeyi aşırı basitleştirdiğini düşünmüştü. Ne kadar geniş olsa da üç krallık, doğadaki çeşitliliği tüm genişliğiyle kapsamıyordu. Dört kategori vardı ama tam olarak Copeland'ın dördülsüyle eşleşmiyordu. 1959'da Whittaker için bunlar protista, Plantae [Bitkiler], Animalia [Hayvanlar] ve Fungi [Mantarlar] şeklindeydi. Fungi'ler besinlerini özümsemelerine rağmen, onları protistaların içindeki tekhücreli onca özümseyici yaratığın arasına atmaktan rahatsız olmuştu. Bu durumda getirdiği açıklamaya göre, bitkiler (üreticiler), hayvanlar (tüketiciler) ve mantarlar (özümseyiciler) ekolojikle, protistalar ise (tekhücreliler) morfolojiyle tanımlanmış oluyordı. "Bu temaların tutarsız" olduğunu kabul ediyordu fakat elinden gelenin en iyisi buydu.¹⁹⁹

Bu makale ayrıca yaşamı hintinciri gibi gösteren ilk çizimi taşımasından ötürü de hafızalara kazınmıştı. Dört lobu gösteriyordu: En alttaki lob protista olarak adlandırılmıştı ve Plantae, Fungi, Animalia lobları bunun üzerine tutturulmuştu. Böyle alışılmadık bir form (kollu değil, loblu bir şema) seçmesinin sebepleri o dönemde açık ve belirgin değildi. Fakat daha sonraki tekrarlardan birinde daha net hale gelecekti.

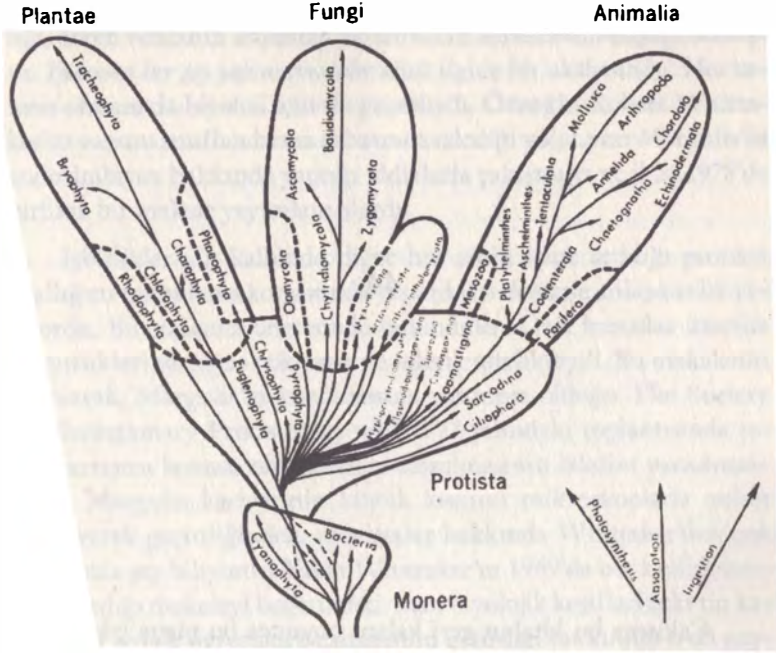
Whittaker 1969'da bu probleme geri döndü. "New Concepts of Kingdoms of Organism" [Organizma Krallıkları Üzerine Yeni Kavramlar] başlıklı makalesi o yıl *Science*'ta çıktı ve önceki laflamalarına rağmen bir nebze şaşırtıcı bir biçimde koca bir kuşağın biyoloji ders kitaplarına etki etti. Ortaya attığı yeni kavramlar esasen Whittaker'ın 1957 ve 1959'da kullandığı eski kavramlardı – yani tekhücreli organizmalar hariç sınıflandırmalar ekolojik temelde yapılmalıdır

tezi. Ama önemli bir ilave vardı: Başka bir krallık. Bu esnada daha önce aktardığım gibi, Roger Stanier ve C.B. van Niel 1962’de geniş kategoriler hakkında kendi güçlü fikirlerini ortaya atmışlardı. Tüm yaşamı prokaryotlara ve ökaryotlara ayırıyorlardı. Whittaker bu dikotomoyu onaylamış, bakterileri nitelendirirken kullanmış ama diğer durumlarda tamamen göz ardı etmişti. Bakterileri protistadan koparmış ve Haeckel’in kullandığı isme yani Monera’ya dönerek onlara kendi âlemlerini vermişti. Yeni çizimi beş loblu bir hintinciri kaktüsüydü: en altta Monera, onun üzerinden yükselen protista, ardından Plantae, Fungi ve Animalia. Dünya’da yaşamın tamamı dört değil, beş krallıktan oluşuyordu.

Peki, neden fikrini değiştirmişti? “Yakın dönemdeki çalışmalar bakteriyel hücreler ve diğer organizmaların hücreleri arasında önemli örgütsel farklılıkları çok daha belirgin hale getirmiştir.”²⁰⁰ Hangi yakın çalışmalar? Stanier ile van Niel’in 1962’de yazdıkları makaleye atıf yapıyordu. Bilimsel kelime dağarcığına şu iki kelimeyi ve yaşama bakış şekline şu iki kategoriyi onlar sokmuştu: prokaryotlar ve ökaryotlar. Artık bakterilerin ve tekhücreli protistaların birbirinden farklı oldukları, protistalardaki hücrelerde çekirdek olduğu ama bakterilerde olmadığı için tümüyle farklı krallıklara ait oldukları, diğerleri gibi Whittaker için de inkâr edilemez bir gerçeğe dönüşmüştü.

Ökaryotlardaki mitokondriler ve kloroplastlar, mitoz bölünme yeteneği, kamçı gibi başka büyük farklılıklar da vardı. Stanier ve birlikte ders kitabı yazdığı iki yazarı tekrar ederek bu karşıtlıkların, “yaşayan dünyadaki örgütlenme düzeyleri içinde en belirgin ve en kesintili ayrımı” tanımladığını teslim ediyordu. Whittaker ilk krallığını, yani Monera’ları tanımlarken bu kesintiliği uygun bir unsur olarak kabul etmiş fakat diğerlerinde bunu tamamen göz ardı etmişti. Prokaryotluk kendi “geniş sınıflandırması” içinde bir amaca hizmet ediyordu. Ökaryotluk ise etmiyordu.

Yine de açık bir biçimde beş krallığın tanımını yaparken, üstü örtük bir şekilde yaşamın iki temel parçaya bölündüğünü kabul etmekteydi. Prokaryotlardan ökaryotlara geçmeyi sağlayan böylesine devasa bir evrimsel sıçrayış nasıl gerçekleşmişti? Sağlam bir hipote-



Whittaker'in yaşam hintinciri, 1969.

zin “antik hücrelerin sembiyozlarında” saklı olduğunu ekliyordu.²⁰¹ Bu noktada, yani 1969 yılı itibarıyla, Whittaker'ın düşüncesi Lynn Margulis'in çalışmalarıyla çakışmıştı.

Çakışma bu kitabın geri kalanı boyunca ön plana çıkacak bir temadır. Çakışma bir ağaçta dalların asla yapmadığı bir şeydir. Doğal dünya içinde, meşelerin, karaağaçların akça ağaçların, ceviz ağaçlarının, çamların, karaçamların, frenkincirlerinin, kayınların, banyanların, baobapların ve yabanda yaşayan diğer gerçek ağaçların normal büyüme seyrinde asla olmayacak bir şeydir. Kollar *ayrılırlar*, çakışmazlar. Dallar ayrılırlar. Kara mizahı ve beslediği tavuskuşlarıyla meşhur olmuş Güneyli olağanüstü kısa öykü ve roman yazarı Flannery O'Connor, bir keresinde “Yükselen Her Şey Yakınsamalıdır”* başlıklı bir öykü yayımlamıştı. Irkçılık ve öfkeyle dolu kasvetli bir öyküyü. İronik bir şekilde bu dört sözcükle adlandırdığı öykünün başlığı, Fransız Cizvit ve paleontolog Pierre Teilhard de Chardin’in yazılarına yaptığı ümit dolu bir atıftan gelmekteydi. Chardin’in karman çorman felsefi yazıları 1950’lerin sonunda ve 1960’larda liberal

“Everything That Rises Must Converge” adlı öykü Türkçeye “Her Çıkışın Bir İnişi Vardır” adıyla çevrildi. Bkz. Flannery O'Connor, *Her Çıkışın Bir İnişi Vardır*, çev. Tomris Uyar, Nazım Dikbaş, Fatih Özgüven, Metis Yayınları, İstanbul, 2011. (Y.N.)

Katolikler arasında (ama Vatikan'da değil) popülerdi. Öykünün başlığı, erken vefatının ardından yayımlanan derlemenin başlığı olmuştu. *Yükselen her şey yakınsamalıdır* sözü ilginç bir aksiyomdu. Her zaman olmasa da biyoloji için de geçerliydi. Örneğin Robert Whittaker'ın yaşamı sınıflandırma çabasında izlediği yol, Lynn Margulis'in endosimbiyoz hakkında yaptığı iddialarla çakışmıştı ve ikisi 1978'de birlikte bir makale yayımlamışlardı.

İşbirliklerinin kalbinde diğer her şeyin içine atıldığı protista krallığını tanımlama konusunda yaşadıkları dostane anlaşmazlık yaşıyordu. Bir uzlaşma önerisinde bulundular. Özel hususlar üzerine yürüttükleri tartışma çok uzun ve teknik nitelikteydi. Bu makalenin ilk olarak, Margulis'in kurulmasına yardımcı olduğu The Society for Evolutionary Protistology'nin* 1977 yılındaki toplantısında temel tartışma konusu olmak üzere sunulmasının izlerini yansıtmaktaydı. Margulis kariyerinin büyük kısmını mikroskoplarla onları inceleyerek geçirdiğinden, protistalar hakkında Whittaker'dan çok daha fazla şey biliyordu. Fakat Whittaker'ın 1969'da beş krallık üzerine yazdığı makaleyi beğenmişti. Yeni biyolojik keşifleri eski tip kategoriler içinde öğretmeye çalışmanın getirdiği bıkkınlığı o da paylaşıyordu ve anlaştıkları noktalara vurgu yapan bu ortak çabaya onunla birlikte girişmeyi tercih etmişti. Bu noktalar sadece protista hakkında değil, beş krallığın tamamı ve sınıflandırma meselesinin kendisiyle de ilgiliydi.

Anlaştıkları noktalardan biri yaşam krallıklarını tanımlamanın çok zor olduğuydu. Bir krallığı diğerinden ayıran çizgiler kaçınılmaz derecede bulanıktı. Bu hep bir sorun olmuştu. Sınırlar nasıl çizilirse çizilsin bazı yaratıklar hep sınırlarda kalmaktaydı ve sorun hiç çözülmiyordu. Mesela mantarlar: Bitki mi başka bir şey mi? Mavi-yeşil algler: Gerçekte bunlar alg mi, yoksa bakteri mi? Süngerler: Hareket etmemelerine ve sinir, sindirme veya dolaşım sistemleri olmamasına rağmen hayvanların arasında sayılabilirler mi? *Protozoa*'lar: Aslına bakılırsa proto veya değil, "zoa" bile değillerdi. *Plakozoa*'lar: Bu düz

ufak tefek şeyler *neyin* nesiydi ki? Whittaker ve Margulis doğal dünyanın içkin bir gerçekliğinden ziyade, insanlara ait bir girişim –yani bir keşif ve karar meselesi– olduğunu ve basitliğin önemli olduğunu belirtiyorlardı. 61 veya 93 büyük yaşam krallığı olamazdı. Biyolojik bilgiyi düzenlemek ve öğretmek istiyorsanız bu hiç de pratik değildi.

Whittaker ve Margulis’in üzerinde uzlaştığı ikinci nokta, yaşam kategorilerinin mümkün oldukça evrimsel olayları ve ilişkileri yansıtması gerektiği idi. Filogenetik olmalıydılar. Üçüncü uzlaşma noktasıysa filogenetik sınıflandırmaların her zaman mümkün *olmadığı* idi.

Dolayısıyla *polifiletik taksonların* yarattığı utanca boyun eğerek uzlaştılar. Polifiletik takson; aynı krallık gibi, birden fazla evrimsel soydan gelmiş yaratığı kapsayan bir gruptur. Terimin kendisi biraz çelişkiliymiş gibi görünebilir çünkü *takson* sınıflandırma birimi anlamına gelir. Fakat evrimsel atalar üzerinden değil de kolaylık sağlamak için (Darwin’den önceki eski günlerde olduğu gibi) yapılan bir sınıflandırma olabilmektedir. Örneğin “deniz omurgalıları”nı bir takson olarak adlandırırsanız, bu polifiletik bir taksondur çünkü balinalar ayrı bir türün soyuna, köpekbalıkları ve tatlı su timsahları bambaşka bir türün soyuna aittirler. Deniz omurgalıları oldukları inkâr edilemez olsa da bu üç canlının her biri, birbirinden ziyade karada yaşayan bazı hayvanlarla daha yakın ortak atalara sahiptir. Dolayısıyla polifiletik bir takson, dalları ayrılan bir ağaç kolu gibi çizilemez. Başka bir şeydir: Soyların çakışmasına izin veren, insan icadı bir düzenleme ilkesidir. Bu tabloda dallar iç içe geçmektedirler.

Bazı soylar gerçek dünyada bile çakışırlar. Bir örneği Margulis’in sevdiği süreç olan endosimbiyozdur. Ancak Whittaker ve Margulis’in birlikte bu makaleyi yazdıkları dönemde, bu tür çakışmalar nadir hadiseler olarak görülmekteydi. Birçok biyolog bunu kural dışı ve anormal bir şey olarak düşünüyordu. Sonraki yıllarda, Lynn Margulis’in yanı sıra Carl Woese’in de büyük katkılarıyla genetik soyların yakınsamasına farklı bir mercekten bakılacaktı. Sınıflandırmanın kendisine çok farklı bir gözle bakılacaktı. 1978’de temel mesele, krallıklar ve farklı canlı sınıfları arasında, mümkün olduğunca “doğal” ama düzenli ve elverişli çizgilerin nasıl çekileceği idi. Whittaker

ve Margulis, evrimsel sınıflandırmalar yapan kişiler arasında polifleptik taksonların “hoş karşılanmayacağı”nı kabul ediyordu.²⁰² Fakat aşırı sayıda krallığa, aşırı sayıda kategoriye, aşırı sayıda küçük ama tanımları net gruba sahip olma ihtimaliyle kıyaslandığında o kadar da nahoş değildi.

Bu ikilem Whittaker’ın sistemlerini (1959’da dört, 1969’da beş krallık) neden birer ağaç olarak değil de hintinciri kaktüsü gibi çizdiğini açıklamaktaydı. Başından beri polifleptik grupların yarattığı karmaşanın farkında olmuş ve bunları çekinmeden ifade etmişti. Beş krallıklı hintincirine yakından bakarsanız bunu görebilirsiniz. Damarlar gibi bir bloktan diğerine uzanan sayısız çizgi vardır. Üç çizgi protista bloğundan Plantae bloğuna geçerler ve bitki krallığının üç ayrı kökeni olduğuna işaret ederler. Protistadan Fungi’ye beş çizgi geçmektedir: Mantarların beş ayrı kökenidirler. Protistadan Animalia’ya iki çizgi uzanır ve birisi sadece sünger grubuna gider: Yani süngerlerin, diğer hayvanlarınkinden ayrı bir soyla hayvan olmayan canlılar içinden evrildiğine işaret etmektedir. Hayvanlık iki kez icat edilmiştir. En azından Whittaker’ın (ve Margulis’le birlikte 1978’de) hayvan kimliğini tanımlama tercihinin bakıldığında, iki ayrı soy bu kimlik üzerinde çakışmıştır.

Flannery O’Connor’un başlığına, Tielhard de Chardin’e rağmen yükselen her şey çakışmak zorunda değildir. Fakat yaşam ağacının bazı kolları çakışmaktadır. İleriki bölümlerde bu tür durumlara çok tanık olacaksınız.

1977 ve 1978 yılları, Whittaker'la Margulis'in makalesi ve bir başka gelişme sayesinde ağaç çizme menkıbesi içinde önemli bir aşamanın işaretçisi olmuşlardı. Diğer gelişme Carl Woese ve George Fox'un Kasım 1977'de yaşamın üçüncü krallığını ilan etmeleriydi.²⁰³ Bu sunumların ikisi de çok etkili olmuştu ve her ikisi de kendilerini biyoloji ders kitaplarına sokmuştu. Geriye dönüp bakıldığında çarpıcı özellikleri, ortak yönlerinin çok az olmasıydı. Aynı fikirde değillerdi ama anlaşmazlık içinde de değillerdi. Whittaker ve Margulis'e göre beş krallık, Woese ve Fox'a göreyse üç krallık vardı. Sadece krallıkların sayısı değil, bunların kendisi bile birbirinden farklıydı. İki çift tamamen ayrı telden çalışıyordu. Ayrı dünyalara aittiler.

Arke keşfinde ve 1977'de yazılan makalede Woese'in esas ortağı olmuş genç post-doktora öğrencisi Fox, o dönemde Woese'in Urbana'daki laboratuvarından ayrılmıştı ve Houston Üniversitesi'nde bir iş teklifini kabul ederek ilk bağımsız akademik pozisyonunun başına geçmişti. 32 yaşında kadrosuz bir asistan profesördü ve ders verip kendi laboratuvarını kurmanın dışında, daha fazla çalışma yayımlatması gerekiyordu. Bunu ne kadar çabuk yaparsa kariyer olanakları o

kadar iyi olacaktı. Neyse ki telefon ve posta yoluyla yaşam formlarını, özellikle de bakterileri ve arkeleri sınıflandırıp ribozomal RNA bulgularını kullanarak aralarındaki derin ilişkileri çözme girişiminde hâlâ Woese’la yakın temas halindeydi.

Urbana’da Woese’in laboratuvarında, Fox’un oynadığı rolü başka bir genç araştırmacı doldurmaktaydı ve veriler birikmeye devam ediyordu. Woese’in elindeki 16S rRNA katologları artıyordu. Bu adeta evrimin erken tarihini gösteren Rosetta taşı gibi karşısına çıkmış çok özel bir moleküldü ve bu kataloglar mikroskobuyla biyokimyanın gösteremediği şeyleri açığa sermekteydi. Yeni desenler ve modeller oluşuyordu. Basitçe arkenin ayrı bir yaşam formu olması dışında söylenecek çok şey vardı. Woese kendisi ve ekibinin acilen genel bir değerlendirme yayımlaması gerektiğini düşünüyordu. Fox ve diğerleriyle yazışmalarında proje için kullandığı gayriresmi isim “büyük ağaç”tı.²⁰⁴

Kasım 1977’nin sonunda, yani *The New York Times*’ın manşetinde Warhol ânını* yaşadktan haftalar sonra, Woese Houston’da bulunan Fox’a bir mektup yolladı. Başka bir organizmanın kataloğundan bahsediyor, veri analiz yöntemlerinin belli unsurları hakkında şikâyetlerini dile getiriyor ve ardından daha büyük bir konuyu öne çıkarıyordu: “Lütfen büyük ağaca öncelik ver. Bunu kısa sürede halledemezsek itibarımızın aşınacağını göreceksin.”²⁰⁵ Arke krallığının ilanını sadece dört organizmaya dayandırmışlardı. Bu koca bir yaşam kategorisini temsil edemeyecek kadar küçük bir örneklemdi ve daha fazla veri sunma hevesiyle tutuşmaktaydı. Genel değerlendirme makalesine ihtiyaçları vardı. Woese, Fox’a şöyle diyordu: “Sadece metni kaba taslak çıkar ve ağacı oluştur. Bu süreci başlatmış olacak. Bence durum senin bakış açına göre fark ettiğinden daha kritik. Akranlarınla ihtilafli olursan Houston’da edindiğin bilimsel arkadaşlarının düşmanlara dönüşeceğini görürsün.”

Kısa süre sonra bir makalenin taslağını oluşturmaya başladılar.

Warhol, bir gün herkesin 15 dakikalığına meşhur olacağını söylemişti. Yazar burada Woese’in Warhol’un belirttiği tarzda kısa süreli şöhretine gönderme yapıyor. (Ç.N.)

Birçok kişinin işbirliğiyle, on yıllık çalışmanın birikimiyle hazırlanan, Fox, Woese ve bir dizi başka ortakların kaleminden çıkan bir yayın olacaktı. “Eşyazarlık” bilimsel bir yayında, bu insanların kendilerine has ve çeşitli yollarla yazıya katkı yapmış oldukları anlamına gelmektedir. Bazıları zahmetli ve tehlikeli laboratuvar işlerini yürütür. Bazılarıysa kendi laboratuvarlarında ürettikleri kültürlerden mikroplar bağışlar veya yararlı tartışmalar ve fikirler sunar. Kıdemli bir araştırmacı, yani grubun lideri muhtemelen bağlamı oluşturur, en azından ekipten bazılarına gözetmenlik yapar ve kaynak sağlar. Bir diğer biliminsanı da –muhtemelen lisansüstü öğrencisi veya post-doktora adayı olan bu kişiye esas aktif araştırmacı denir– konuyu seçer, kıdemli araştırmacıyla kavramsal ayrıntılarıyla deney tasarımını müzakere eder ve pratik işlerin önemli bir kısmını halleder. Ardından genelde bir veya birkaç kişiden oluşan, içinde mutlaka esas aktif araştırmacının da olduğu ekip yazma işinin çoğunu halleder. Saf biyolojik bilimlerde, esas aktif araştırmacının ismi ilk yazar olarak çıkar. Gözetmenlik ve sponsorluk yapan kıdemli araştırmacının ismi ise son yazar olarak verilir. Bu kapsayıcı bir sorumluluğa ve nihai itibara sahip olduğunu gösteren bir pozisyonudur. Ancak Woese’in eğitimini aldığı biyofizik alanında tam tersi geçerliydi. Belki bu Woese ve Fox arasında ufak bir çatışmanın yaşanmasına sebep olmuştu.

Bu kez iki adam metin üzerinde yakın temas halinde çalışmışlardı. Fox, Woese’in laboratuvar ekibinden diğer kişilerin desteğiyle, daha zorlu işlerin bazılarını hallederek, Urbana’da esas aktif araştırmacı işlevini göstermişti. Fox mikropları radyoaktif fosforla etiketlemiş ve ribozomal RNA’larını çıkarmıştı. Linda Magrum bu molekülleri parçalara ayırmış ve parçaları elektroforezle yarıştırmıştı. Magrum ardından çılgınca koşturan parçacıkların filmlerini basmış, Woese de bunlardan hareketle dizilimlerini tahmin edip kataloglarını çıkarmıştı. Bu kataloglar analiz edilirken kullanılan benzerlik katsayısını oluşturan yine Fox’tu ve bunu yapmak için bilgisayarda kodlar yazmıştı. (Bu yeteneği kimya mühendisliği eğitiminde edinmişti: Woese’in laboratuvarındaki diğer biyologların ve neredeyse o dönemde yaşayan tüm Amerikalıların aksine, Fortran isimli programlama dilini biliyordu.) O dönemde teknolojinin son harikası delikli IBM kartlarının yüzlercesine kod ve veri girmiş, ardından bunları

ana sistem aygıtlarla işleminden geçirmişti. Ortaya çıkan ağaçların çizimini yapmıştı. Şimdi kendisi ve Woese bir dizi taslak çıkarmıştı ve bunlar Urbana’da bölümün daktilocusu tarafından temiz bir şekilde yazıya geçirilmişti. Günümüze ulaşmış olan bu ilk daktilo yazılarından bazılarında, Fox’un karaladığı birçok düzeltme ve elyazısıyla yaptığı eklemeler görülmektedir.

İlk versiyonunun ilk sayfası doğru ama akılda kalmayan bir cümleyle başlıyordu: “En az yüz yıldır mikrobiyologlar, gezegenin akla hayale gelebilecek her oyuğunu doldurmuş olan binlerce mikro-organizma arasındaki ilişkileri belirlemeye çalışmaktadır.”²⁰⁶ Daha iyisini yapabilirlerdi. Woese baştan beri daha fazla dram katmak istiyordu. İkinci versiyon şöyle başlıyordu: “Biyoloji evrim çalışmalarında önemli bir dönüm noktasına ulaşmıştır.” Daha iyiydi fakat kurşunkalemni alıp şu değişikliği yaptı: “Evrime çalışmalarında önemli bir dönüm noktasına ulaşılmıştır.” Bu değişiklik şu dört kelimeye bir canlılık katmıştı: *Önemli bir dönüm noktası*. Sayfanın üstünde de artık Woese’in gayriresmi ağacı duruyordu: “Büyük Ağaç.”

Fox’un dördüncü nüshası, çabalarında ilerleme kaydettikleri için, yeni ve üzerinde baştan çalışılmış materyaller hakkında 25 el yazması sayfadan oluşuyordu. Daktiloya geçirmesi için bölüm sekreterine, üzerinde şunların yazdığı bir kılıfla yollanmıştı: “Fox. Taslak. Acil. Diğer tüm işleri kenara bırak. Öncelik sırası 1.” Yedinci nüshada açılış cümlesinin yerine yenisi konuluncaya dek düzeltmeler devam etti. Artık ilk üç kelime yazının tonunu daha iyi belirlemek-
teydi: “Bir devrim yaşanmaktadır.”²⁰⁷

Çok daha fazla nüsha hazırlanacak, daktiloya geçirilmiş yazılar 1978’in tamamı ve 1979’un bir bölümü boyunca Houston ve Urbana arasında gidip gelecek, daha fazla değişiklik ve ince ayar yapılacak, en az bir kez sert bir ihtilaf yaşanacaktı. Fakat bu noktadan sonra, yedinci versiyonda, “Big Tree” makalesinin açılış paragrafı Carl Woese’in artık geliştirme ihtiyacı duymayacağı bir forma girecekti:

Bakteriyel taksonomide bir devrim yaşanmaktadır. Yavan, ezoterik ve belirsiz sayılan –kabul edilen ilişkilerin resmî düzlemde tasdiklenmiş spekülasyonlardan fazlası olmadığı– bir disiplin, deneylerle

toplanan ürünlerin heyecanıla taze bir alana dönüşmektedir. Büyük oranda bu dönüşüm, moleküler dizilim çıkarma tekniklerinin kalıtsal ilişkilerin doğrudan ölçülmesine olanak vermesini yansıtmaktadır.

Bu tumturaklı ama eksik bir ifadeydi. Kalıtsal ilişkilerin moleküler tekniklerle ölçülmesi, 1958’de Francis Crick’in önerdiği şeydi. Evrimin geçmişine yeni bir pencere açmıştı ve bu dünyanın bütün müzelerinde, fosillerin tamamı için açılan ifşa edici kapsama eşdeğer bir şeydi. Sadece bakteriyel taksonomide değil, çok daha geniş bir alanda devrim yaşanmıştı: Biliminsanlarının yaşamın tarihsel şekillenişini kavrama yollarında.

Yedinci nüshanın daktiloya geçirilmiş metni aynı zamanda yeni bir başlık taşımaktaydı: “The Phylogeny of Prokaryotes” [Prokaryotların Filogenisi]. İçinde Ralph Wolfe, Linda Bonen, Linda Magrum ve 14 başka ismin olduğu bir yazar listesi vardı. Listenin başında George Fox’un, sonundaysa Carl Woese’in ismi vardı ve onun kıdemli araştırmacılık rolüne işaret ediyordu. İsim sıralaması en az içerikle ilgili anlaşmazlıklar kadar tartışmalı ve kırıcı bir hadise olacaktı. Bir noktada Woese, ilk yazarın kendisi olması ve Fox’un son sırada olma onuruyla yetinmesi gerektiğini öne sürmüştü.

George Fox Urbana’da pizza salonunda oturduğumuz sırada, bu anlaşmazlığı bana dürüst ve içten bir şekilde anlatmıştı. “Ona bu makalede ilk yazar olmak istediğimi söyledim. Çünkü tüm o lanet IBM kartlarını ben yazıya dökmüştüm. Tüm o ağaç şemalarını ben çizmiştim, doğru değil mi? Tüm tartışmalara katılmıştım.” Ardından Houston’a yeni ve çaylak bir fakülte üyesi olarak gitmiş ve bazı zorlayıcı beklentilerle karşılaşmıştı. 36 yıl sonra bile, o dönemde yaşadığı baskıları sanki bugün gibi hatırlıyordu. “Bakın, şimdi farklı

bir üniversitedeyim, değil mi? Çalışıyorum...” Durmuştu. Söylenmeyen sözcükler *kendimi idame etmeye çalışıyorumdu*. “Ben bir asistan profesörüm. Kadro almam gerek ve neticede önce doçent, sonra tam anlamıyla profesör olmam lazım”. Biliyorsunuz, diye devam etti. “Bundan ciddi bir pay almayacaksam onunla işbirliği yapmamın bana hiçbir yararı yoktu.”

27 Ağustos 1979’da Woese Fox’a yazdığı mektupta, birtakım “potansiyel ihtilaf hususları”ndan bahsediyordu.²⁰⁸ İlki Fox’un güçlü bir şekilde ilk yazar olmayı istemesiydi ve bu genç bir biliminsanı için önemli bir ayrımdı. “Bunu kabul ettim,” diye yazmıştı Woese. “Hâlâ da ediyorum. Ancak nazik bir mesele olduğundan nasıl hissettiğimi bilmen gerek.” Ardından ışıklı panonun önünde gözlerini ovuşturarak, dörtlüye koşan parçacıkların filmlerine bakarak, dizilimleri çıkarmak ve desenlerini tanımak için beynini yorarak geçirdiği günler ve saatlerin anısıyla içini şöyle boşaltmıştı:

“Büyük Ağaç laboratuvarımdan çıkmış önemli bir bildirge. Çalışma benim fikrim. Ve doğrudan bu işe sen de dahil olmak üzere herkesten daha fazla saatimi gömdüm. Bu kriterlere göre benim ilk yazar olmam gerek.”

Woese, Fox’un kısa süre sonra kadroya aday olacağını ve Fox’un aynı zamanda kendi laboratuvarından hibe almak için de mücadele verdiğini biliyordu. “Aldığın fonun tehlikede olduğunu düşündüğün” için diye ekliyordu Woese istemeden, “bunun ağır basan bir etmen olduğunu kabul edeceğim ve yazarlıkla ilgili isteğine boyun eğeceğim. Fakat bunu çelişkili duygularla yaptığımı bil. Senin çalışman olarak bilinmesi veya verileri analiz etmen için sana ihtiyaç duyduğum öğrenilirse kesinlikle iyi olmayacaktır. Bu olmamalıdır.”

Woese’in ilk yazar olmayı teklif ettiği âna geri dönen Fox, bana şunları söyledi: “Buna ayak diredim ve direndim. Ve bu sona erdirdiği...” Yine doğru ifadeyi bulmak için durmuştu. “...basitçe o dönemki işbirliğimizi sona erdirdi.”

Woese 27 Ağustos’ta yazdığı mektupta bu sonun işaretini vermişti. Fox’un geliştirdiği ve benzerlik katsayısı çıkaran veri analiz yöntemlerinden memnun olmadığını açıklıyordu. Woese daha iyi

bir yaklaşım bulmayı ve bunu daha özel bakterilerin bazılarını uyarlamayı umuyordu. “Dürüstçe bunların hepsini seninle yapmak istiyordum ama laf dinlemeyişin bunu imkânsız hale getirdi, bundan dolayı artık yalnız devam edeceğim.” Aslında diğer iki meslektaşıyla yola devam ediyordu ve Woese’in iddiasına göre, Fox nasıl yazarlık konusunda kıskanç davranmışsa, onlar da aynı hisleri beslemişlerdi. Bundan ötürü Fox’un ismini diğer makaleden çıkarıyordu.

“Bunlar biraz tatsız meselelerdir,” diye bitiriyordu mektubunu, “ama bu konularda açık olursak sadece bilimsel görüş farklılıkları olacaktır.” Tokatın acısını biraz olsun hafifletmek için konmuş hoş, ağır kesici bir beylik laftı. Bir zamanlar cılız post-doktora öğrencisi olan, ondan bir şeyler öğrenecek ve ona meydan okuyacak kadar zeki George Fox’la ilişkisi asla eskisi gibi olmayacaktı. İki adamın 1970’lerde yaptığı çalışmalar sonuçlanma aşamasına geldikçe, isimleri 1980’li yılların başlarında çıkan birkaç makalede daha birlikte yayımlanacaktı. Ama artık bilim hakkında eskisi gibi canlı, cüretkâr, birbirlerine enerji veren bir tarzla konuşmuyorlardı.

Bu esnada “Big Tree” makalesi basına yollandı. *Science*’ın 25 Temmuz 1980 tarihli sayısında, imlası düzeltilmiş “The Phylogeny of Prokaryotes” yayımlandı. Sadece dört arke türünü ve dokuz başka yarattığı karşılaştırmak yerine, 170’i aşkın farklı organizmadan moleküler dizilimler çıkarmıştı. İddiaları içinde ilk sırada gelen, 16S rRNA isimli özel molekülün evrimsel ilişkileri ayırt etmede çok faydalı olabileceği ve olduğuydu. İkinci temel noktası, başlığa rağmen “prokaryot”un anlamsız bir kategori olmasıydı. Prokaryot diye bir şey yoktu. Sadece bakteriler, arkeler ve ökaryotlar vardı. Bu sonuçlarını yeni verilerle çok daha net bir şekilde göstermekteydi. Bir bakıma beklenmeyen ve dolaylı yollarla ifade edilen üçüncü husus ise, Lynn Margulis’in endosimbiyoz meselesinde haklı olduğuydu. Ökaryotik hücrelerin “artık genetik bir kimera olduğu görülmekte”ydi.²⁰⁹ Farklı soylar arasında yaşanan kadim çakışmalarla oluşan, içlerinde mitokondrilere ve kloroplastlara dönüşen bakterilerin de olduğu bileşik yaratıklardı. Bu üç hususun dışında makale, üç krallığının ilk ikisine, yani bakterilere ve arkelere ait grupların sınıflandırılmasına odaklanıyordu. Ve elbette bir grafikte büyük bir ağacı takdim ediyordu.

Bu seferki 30 mum koluyla dev bir şamdanı andırıyordu. Bu kolları beş arke gruplarını temsil ederken, üçü ökaryotların tamamını kapsıyor (algımıza göre çok engin bir krallıktır ama makalenin odağına çok dokunmamaktaydı), geri kalanıysa bakteri gruplarını oluştuyordu. Bu beş arke ve 22 bakteri kolu arasındaki ilişkilerin özellikleri dönemin mikrobiyologları için çok ilginçti ama sizden aynı ilgiyi paylaşmanızı istemeyeceğim. Mikropların esrarıyla ilgilidir. Boş verin. Büyük Ağaç'ın çok daha ilginç yönü, Woese ve Fox'un ellerindeki üç krallığın kökenini belirleme şekilleridir: Çok muğlak bir şekilde. Üç büyük kol tek bir gövdeden uzamamaktadır. Her biri (adeta büyük bir toprak yığınının andıran) yuvarlak tabandan ayrı ayrı ortaya çıkmaktadır. Bu taban "Ortak Atalara Ait Evre" gibi bir nebze gizemli bir adla anılmıştır.

Fox peynirli, bense pepperonili pizzamı yerken, "Benim için önemli şeylerden biri işte bu," demişti. Yanıma 1980 tarihli makalenin altı çizilmiş ve kenarlarına not alınmış kopyasını getirmiştim. "Şu ağacı görüyor musun?"

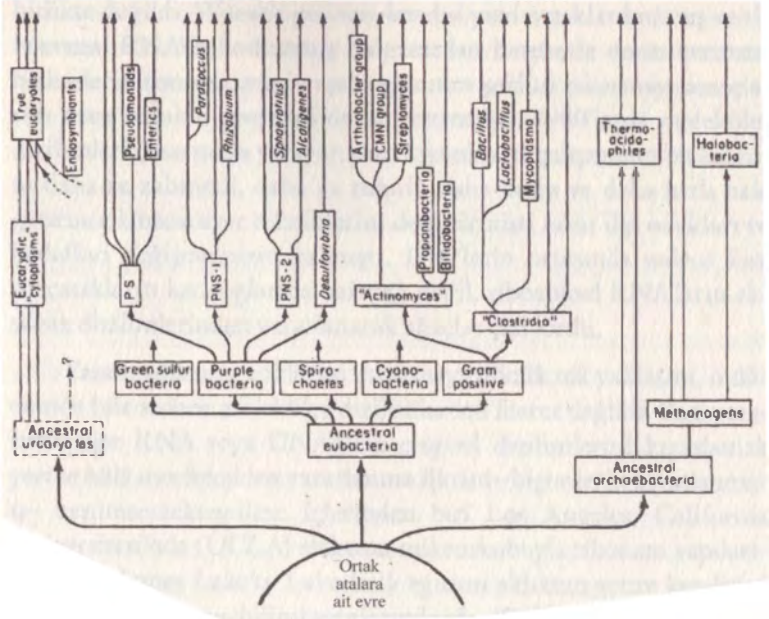
"Evet," dedim. Katlanan makalenin 459. sayfası açıktı. "Evet, Büyük Ağaç bu, değil mi?"

"Evet Büyük Ağaç bu. Köküne dikkat etmişsindir."

Evet. "*Ortak atalara ait evre*," diye okudum. "Tek bir ata değil, 'atalara ait evre'. Değil mi?"

Doğru, dedi. Bu tümsek hücreli yaşamdan önceki dünyayı, neredeyse dört milyar yıl önce seğırtten ilkel yaşama ait dünyayı, kendilerini yeniden üretme kapasitesi kazanmış çıplak moleküllerin (belki özellikle RNA'nın) dünyasını, canlıların henüz bırakın krallıkları türlere dahi ayrılmadığı bir dünyayı temsil etmekteydi. "Üçlü kök kende karar kılmayı reddettik," dedi. Üç kolu bu tümsekten bağımsız uzantılar olarak çıkarmak bir bakıma şunu söylemekteydi: "Üç krallığın neticede nasıl ilişkili olduğunu kim bilir? Hangisinin önce geldiğini, nasıl ayrıldıklarını ve içlerinden birinin en çok hangisine benzediğini kim bilebilir? Biz değil!" Bu içtenlikle kabul edilmiş agnostik bir tavırdı ve o dönemde yapılabilecek en iyi şeydi.

"Tamam. Şimdi gizli bir şey söyleyeyim," dedi Fox. Bir an için



Fox, Woese ve meslektaşlarının “Büyük Ağaç”, 1980.

nasil 69 yaşına gelmiş bir moleküler biyolog kola ve pizzanın yanında sinsi gibi görünebilirse öyle bir sinsiliğe bürünmüştü. “Farkına varılacak gizli şey şu... Ağaçlara inanmıyorum. Ve Carl da inanmıyordu.”

Peşinden ne söyleyeceğini merak ederek, “Tamam,” dedim.

“Çünkü evrim bu şekilde işlemiyor.”

Evrimin işleyiş şekli hâlâ keşfedilmeye çalışılan ve tartışılan bir meseleydi. Charles Darwin derin bir sezgi gücüyle doğal seçilim mekanizmasını fark etmiş ve nasıl işlediğini *Türlerin Kökeni*'nde ikna edici bir şekilde tarif etmişti. Fakat soyların değişme ve farklılaşma biçimleriyle ilgili her şeyi açıklamamıştı ve açıkladığı her şey de doğru sayılmazdı. Örneğin Darwin kalıtım mekanizmaları hakkında hiçbir şey bilmiyordu ve mikropların yaşamları hakkında çok az bilgiye sahipti. Mikroplar üzerine çalışan diğer birçok ismin ortasında, Ivan Wallin ve Lynn Margulis bir yaşam formuyla diğeri arasındaki simbiyotik bileşimlerin, evrimsel özgünlükleri yaratmada, sözümona doğal seçilimi beslemiş rasgele mutasyonlar ve artan çeşitlilikten daha fazla şey yaptığını iddia etmişlerdi. Fox, Woese ve meslektaşlarının “Big Tree” makalesini yayımladıkları dönemde, başka yeni fikirler ve sorular da vardı. Bazıları Fox-Woese ağacının altında “ortak atalara ait evre” adıyla etiketlenmiş gizemli tümseğe odaklanmıştı. Bu sözcükler ne anlama geliyordu? Orada ne vardı?

George Fox doçentliğini 1982 yılında Houston'dan aldı ve erken dönem evrim üzerine çalışmayı sürdürdü ama artık Carl Woese'la

birlikte değildi. Woese'a gelince, kendisi yeni ortaklar bulmuş ve ribozomal RNA'da kodlanmış bulgulardan hareketle derin evrimsel hadiselerin rotasını, yani yaşam ağacının şeklini çıkarmayı amaçlayan uzun soluklu projesini devam ettirmişti. 1980'lerde moleküler dizilimleri çıkarmaya yarayan yeni teknolojiler çalışmanın bu kısmını daha az zahmetli, daha az zehirli, daha kesin ve daha hızlı hale getirince laboratuvar tekniklerini değiştirmişti fakat ilgi odakları ve hedefleri değişmeksizin kalmıştı. 1980'lerin ortasında sadece kısa parçacıkların kataloglarına bakarak değil, ribozomal RNA'ların eksiksiz dizilimlerinden yararlanarak ağaçlar çiziyordu.

Yaşam ağacının köklerini çıkarmaya dönük tek yaklaşım, o dönemde bile sadece moleküler dizilimlerden ibaret değildi. Bazı araştırmacılar RNA veya DNA'ların çizgisel dizilimlerini kıyaslamak yerine hâlâ morfolojiden yararlanma fikrini –biçimlerin kıyaslanması– benimsemekteydiler. İçlerinden biri Los Angeles, California Üniversitesi'nde (UCLA) elektron mikroskopuyla ribozom yapılarına bakan James Lake'ti. Lake fizik eğitimi aldıktan sonra kendisini biyolojiye kaptırmış biliminsanlarındandı. 1960'ların sonunda Harvard Tıp Okulu'nda post-doktora bursuyla okurken, elektron mikrograflarıyla bir ribozomun üçboyutlu yapısını çıkarmasıyla, ribozom biçimleriyle ilgilenmeye başlamıştı. Bu önce, ribozom şekillerinin farklı mikrop grupları arasında sürekli değişiyormuş gibi göründüğünü fark etmesini sağladı. Ardından bu farklılıkları kıyaslamının, filogenetik birimleri (belki krallıkları bile) tanımlamada geçerli bir yöntem olabileceğini düşünmeye itti. 1984'te birkaç meslektaşıyla birlikte, temsili bakteriler, arkeler ve ökaryotlarda gördükleri haliyle ribozom şekillerini ele alan analizlerini yayımladı.

Bu ribozomların bazıları plastik ördekler gibi görünüyordu. Bazılarıysa sanki otostop çeker gibi başparmağını kaldırmış yumruklar gibiydi. Kimisi daha çok patlamış mısıra benziyordu. Lake'in ekibi dikkatli bir şekilde farklılıkları tespit edip ölçüyordu. İddialarına göre, birbirinden kökten farklı dört yaşam türünü nitelemeye yarayan dört temel şekil bulmuşlardı. Bu yöntem sıcak, asidik ortamlarda yaşayan sülfür tabanlı mikropları, Woese'in arkeleri içinden koparıp ayırmaktaydı. Lake bu sülfür soluyan gruba Eocyta (üyeleri "eocyte"

olacaktı²¹⁰) adını verdi ve bağımsız bir krallık olduğunu duyurdu. Yani bunu kabul ettiğinizde, yine dört yaşam krallığınız oluyordu. Dahası Lake'in analizine göre, eocyte'ler geri kalan arkelerden çok, bizim gibi ökaryotlarla daha yakından ilişkiliymiş gibi görünüyordu. Woese durumdan hiç memnun değildi.

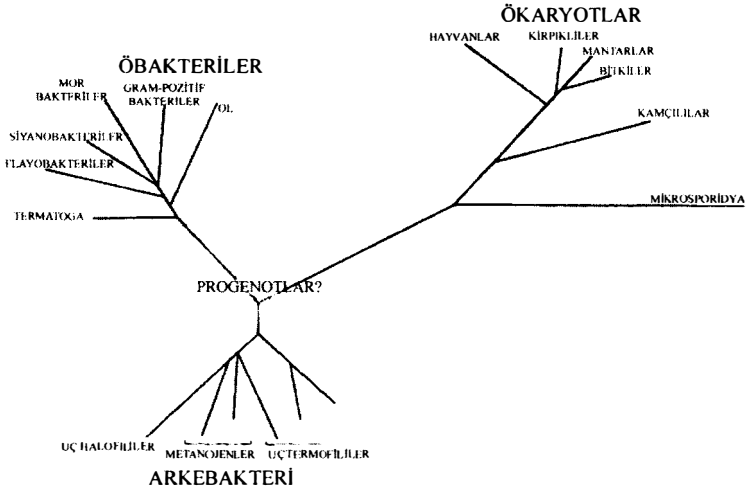
Lake'e mektupla iletteği bakış açısına göre "önerdiklerinin tek yaptığı şey suyu bulandırmak"tı.²¹¹ Önceki yıl Lake'in daveti ve Woese'in UCLA'ya yaptığı ziyaretten sonra, bu iki adam arasında arkadaş canlısı bir ilişki vardı fakat bu güler yüzlülük artık sona ermişti. Woese'in kampı, içinde onun arkelere düşkünlüğünü paylaşan Wolfram Zillig gibi Alman meslektaşlarının olduğu grup, Lake'in metodolojisine ve sonuçlarına keskin eleştiriler yöneltti. Lake de buna karşılık onlarınkini eleştirdi. Woese ona doğrudan şunları söylemişti: "Yeni bir krallığın oluşturulmasına duyduğum belirgin ihtiyaç, sunumunu sağlam bir katkıya dönüşmekten alıkoyuyor."²¹² Jan Sapp bunu "krallık muhafızları"nın, sadece şahsi mektuplardan değil bilimsel toplantıların kürsülerinden ve *Nature*'in son gelişmelerle mektupları aktardığı sayfalarından verdikleri bir "savaş" olarak adlandırmıştı.²¹³ Zillig hadisenin tamamını "budalaca bir *intermezzo*" olarak görüp kenara atmış ve Woese'a şunları söylemişti:²¹⁴ "Bilimsel topluluğun budalalığını ve/veya Lake'in ikna edici gücünü feci hafife aldığımı itiraf etmeliyim." Sapp'ın belgelediği şekliyle *intermezzo*'nun gaddarlığı, kendisiyle 30 yıl sonra UCLA'da tanıştığımda James Lake'in ılımlı ve nazik halini görünce beni şaşkınlığa düşürmüştü.

Savaşlardan olmasa da yılların ağırlığıyla beli biraz bükülmüş, uzun boylu bir adamdı. Soluk mavi gözleri ve gür, gri saçları vardı. Açık eflatun renkli bir hırka ve pamuklu haki bir pantolon giymişti. Beni ofisine geçirirken kıbar bir dikkat ve konukseverlikle hareket ediyordu. Cuma ikindi vaktiydi ve tavırlarıyla görünüşü bende, bir golf turundan çıkıp gelmiş emekli bir Presbiteryen vaiz izlenimi uyandırmıştı. Üzeri bilimsel makalelerle dolu masasında yüz yüze konuştuk. Üstündeki raflardan birinde bir ribozomun iki renkli ve alçıdan yapılma, kabaca insan kalbi büyüklüğünde bir modeli duruyordu. Woese'la arasındaki sorunlu ilişkiden ve Lake'in önerdiği dört krallıklı eocyte teorisine verdiği tepkiden bahsetti. Sesinde san-

ki olumsuz tavrının derinliği ve hıncı hâlâ onu afallatıyormuş gibi bir hal vardı.

“Ya onunlaydınız ya da değildiniz,” diyordu Lake. Başlangıçta Lake, arkelerin bir krallık olarak bütünlüğü konusunda Woese’la aynı fikirdeydi. Bu değiştiğinde ve Lake’in araştırması alternatif bir perspektife kayınca “Ona gerekçelerini anlattım ve bu noktada bir tür uyumsuzluk yaşandı.” Sanki bir tuşa basılmış ve aralarındaki samimiyeti yok edip, Lake’i sadece entelektüel bir rakibe değil, yanlışlığın ve kafa karışıklığının failine dönüştürmüştü. Lake’in aktarımıyla o noktada, “İş ‘elinden geleni esirgeme ve bu teoriyi çürütmeye çalış’ noktasına geldi.” Diğer uzman seslerin fikir birliğiyle Woese, krallıklar savaşının tamamını olmasa da çatışmayı kazanmıştı.

1987’de Woese yazarın sadece kendisi olduğu kalın bir inceleme çalışması yayımladı. Makalede bakteriyel evrim sahasına ve bunun ötesinde filogenetik girişimlerin tamamına göz gezdiriyordu. Daha önce mikroskobuyla morfolojik bulgularda yapıları benzer bir şekilde, mikrobik sınıflandırmalar alanında öne atılmış fikirlerin tarihsel özetiyle işe başlıyordu ve bu tartışmanın ortasında, Haeckel’in tüm organizmalar için çizdiği, kökleri Moneres’e uzanan ve üç kolu olan ağacın yeniden baskısını koca bir sayfayla makaleye yerleştiriyordu. Klasik ve derli toplu olduğunu Woese teslim ediyordu ama yanılttı. İki yaşam krallığıyla Linnaeus’tan üç krallıklı Haeckel’e, beş krallıkla çıkıp gelmiş Whittaker ve Margulis’e ve dört krallıklı Lake’e kadar uzanan tüm eski girişimlerin karşısında, Woese kendi yönteminin (ribozomal RNA’ların dizilimiyle filogeni yapma) ve üç krallığının çığırtaşı olduğunu yapıyordu. “Hücre esasen tarihi bir belgedir,” diye yazıyordu.²¹⁵ “Ve onu okuma yetisine kavuşmak (genlerin dizilimiyle) biyolojinin geneline bakış açımızı mutlaka kökten değiştirecektir.” Ribozomal RNA’lar hücre içinde kadim ve ifşa edici nitelikleriyle en iyi ve en güvenilir metinlerdi; çünkü tüm canlı organizmalarda ortaya çıkmaktaydılar, içlerinde birçok bilgi vardı ve bu bilgi uçsuz zaman aralıkları içinde çok yavaş bir değişimden geçmişti. Yaşam krallıkları birbirinden çok uzun yıllar önce, yaşamın erken dönemlerinde ayrıldığı için onları birbirinden ayıracak bulgular taşıyorlardı. Bu iddianın ardından başka bir ağaç önermekteydi.



Woese'in köksüz ağacı, 1987 ve "progenot". Patricia J. Wynne, Woese'dan (1987) modifiye ederek yeniden çizmiştir.

Bu ağacın en belirgin özelliği hiç gövdesinin olmamasıydı. Hiç bir kökü de yoktu. Üç kol sayfanın ortasına konmuş bir noktadan çıkmaktaydı. Sanki karanlık gökyüzünde patlayan tek bir havai fişğin ışık yağmuruna benziyordu. Bu köksüzlük, Woese ve Fox'un Büyük Ağaç'taki gizemli tümsekte işaret ettikleri şeyin başka bir ifadesiydi: *Hadiseler burada ama bilinmiyor. 16S rRNA bile bize ne olduklarını söyleyemez.* Fakat bu bilgisizlik alanına bir etiket koyuyordu. Orada var olmuş, o dönemde yaşamış, Büyük Ağaç'a hayat vermiş Büyük Patlama'dan öncesine dayanan o yaratık türüne bir isim vermişti: *Progenot*. Üç büyük kolunun bağlantı noktası üzerinde, –şemasında işaretlenmemiş– bir yerlerde progenotlar yer almaktaydı.

Progenot açıkladığı üzere teorik bir yapıydı. Hücrelerin haklarında daha çok şey bilinen evrimsel tarihinden öncesine ait (onlardan önce gelmiş olması *gerek*) varsayımsal bir varlıktır. Şöyle yazmaktaydı: "Evrimin erken aşamalarından birinde progenotların var olduğu kesinliğini, aktarım aygıtının doğasından almaktadır."²¹⁶ Yani yaşamı mümkün kılmak için kodları proteinlere dönüştüren ribo-

zomların evrensel faydasından almaktaydı. Bu progenot mevzuu 1987’de yepyeni sayılabilecek bir fikir değildi. Woese bu ismi on yıl önce, ilginç bir yıl olan 1977’de, George Fox’la kaleme aldığı başka bir makalede icat etmiş ve kavramın şemasını çıkarmıştı. Şimdi ayrıntılarına iniyordu. Progenot kendisini yeniden üretme yetisine sahip bir organik birimdi fakat genom muhtemelen DNA’dan değil RNA’dan oluşmaktaydı. Protein üretmek için bu genomun aktarılmasını sağlayan mekanizmaları köhne ve kesinlikten uzaktı, yani hatalara çok yatkındı. Dolayısıyla proteinleri küçük ve verimsizdi. Hâlâ deneme yanılma yoluyla ribozomu icat etme sürecindeydi. “Aynı radyo, otomobil ve benzeri araçlar gibi, aktarım da aşamalarından geçerek çok daha ilkel bir mekanizmadan bugünkü kesin işlevler gören haline evrilmek zorundaydı.” Peki, Woese’in progenotların varlığı ve doğası için sunduğu bulgular nelerdi? Mantık. Varsayım. Bilinçli tahminler. Progenot çağından hiçbir veri yoktu. Ortada ne fosil ne de 16S rRNA vardı. Basitçe daha önce kimsenin yapmadığı bir dikkat ve cüretle bu konu –bildiğimiz şekliyle yaşamdan önce ne vardı?– üzerine kafa yormaktaydı.

Dünya tarihinin o aşamasında ne yaşandıysa yaşansın, en önemli sonucu tek bir türün, yani bir tür yaratığın, yaşamın üç krallığının da ortak atası olmasıydı. Bunu kesin olarak bilecek bulgulara sahiptik: Genetik kodlamanın evrenselliği yani bakterilerde, arkelere ve ökaryotlarda aynı kodlamaları kullanan –aminoasitleri belirleyen bazlar– bir sistem. Genetik kod nihai ortak karakterdi, tüm yaşam formlarını tek bir atada birleştirmektedir. Nitekim bu ataların kökeni progenotlar arasında saklıydı.

“Progenot bugün evrimsel patikanın izlenecek son noktasıdır,” diye yazıyordu Woese.²¹⁷ “Gerçeklerle başlayan, çıkarımlarla ilerleyen ve merakla hayal gücü içinde sönümlenip giden bir yol.” Kastettiği şey zamanda geriye giden bir yolun sonuydu. “Ancak bilimde sonlar genelde birer başlangıç olur.” Doğru bir şekilde tahmin ettiği gibi, genomik verilerin akışı yakında adeta sele dönüşecekti. Evrensel yaşam ağacının kökü tanımlanacaktı. Söz verdiği gibi başlangıcı anlamaya başlamıştık.

1980'lerin başlarında, Woese ile Fox'un Büyük Ağaç üzerine yaptıkları çalışmayı bitirdikleri vakitlerde, Woese Münih'teki arkadaşı Otto Kandler'e mektup yolladı. Mektubun esas amacı ikisinin de oldukça ilgisini çeken bir mevzuda yardımını rica etmektir. Kandler'in uzmanlık alanı olan bu konu arkelerin alışılmadık hücre duvarlarıydı. Woese'in *Scientific American*'a yazmayı planladığı makalede çizimlerini temellendirmesi için elektron mikrolara ve kimyasal yapıda belli bir yardıma ihtiyacı vardı. Bu düşünceden çark edip Kandler'e şöyle yazmıştı: "Bir gün seninle ben birlikte bilimsel bir makale yazmalıyız. Bilgilerimiz ve yaklaşımlarımız birbirlerini tamamlıyor."²¹⁸ Arkenin tam teşekküllü bir krallık olması gerektiğini resmî bir önermeyle aktarmak için bir araya gelme konusunda ne düşündüğünü soruyordu. O, Kandler ve diğerleri yıllardır, arkeyi bir krallık olarak ele alarak ama gayriresmi düzlemde resmî taksonomik fikirbirliğini arkalarına alma çabasına girmeden bunu konuşup duruyorlardı. "Bir bakıma çılgınca bir düşünceydi."

Bu çılgın düşünce yıllar geçtikçe ve araya giren olaylarla giderek daha az çılgın bir görünüm kazanmaktaydı. 1984'te Woese filogene-

tik analizlerde yaptığı çabalar ve arke keşfiyle MacArthur Bursu almış, 1988'de Ulusal Bilimler Akademisi'ne seçilmişti. MacArthur'la onurlandırılmasına rağmen, akademi onu görece geç bir yaşta seçtiği için (Lynn Margulis 45 yaşında kabul edilmişken o 60'ında girmişti) kendisini hâlâ ihmal edilmiş, aykırı bir tip olarak görmekteydi. Bu ona hırslı, cesur ve inatçı olmayı sürdürmek için belli bir alan vermişti. Dahası sevdiği arkelerin statüsü üzerine yeniden eğilmek istiyordu. Mesele sadece bir krallık olarak kabul edilmeleri değildi. Kendi yaptığı şeyin sonucunda 12 yıldır yanıltıcı bir ismin yükünü taşımalarına da kızgındı.

Şimdi basitleştirme adına akışa bıraktığım bir şeye açıklık getireceğim: Woese ve Fox'un 1977'de bu yaratıklara verdikleri özgün isim arkebakteri kalıcı olmuştu. Woese'in kendisi, Amerikalı ve Alman meslektaşlarıyla sahadaki herkes tarif ettiğim dönem boyunca onları böyle çağırırdı. Woese, Kandler ve Ralph Wolfe'un Baviera Alpleri'nde şampanyayla kutlama yaptıkları Münih'teki büyük uluslararası toplantının adı "Arkebakteriler Üzerine İlk Atölye" şeklinde ilan edilmişti.²¹⁹ Fakat bu isim Woese'in içine her geçen gün daha fazla dert olmaktaydı çünkü bakterilerin başka bir alt grubu olduklarını ima ederek grubun eşsizliğini ortadan kaldırıyordu.

1989'da diğer yakın Alman meslektaşı Wolfram Zillig'e, bu konuyla ilgili bir e-posta yolladı. Woese şöyle yazıyordu: "Zaman geçtikçe arkeleri isimlendirme konusunda büyük bir hata yaptığım daha da belirginlik kazanıyor."²²⁰ Elbette bunlar bakteri değildi. Bakterimsi veya bakterilerin antik öncüleri de değildi. Hatta en yakın akrabaları bakteriler bile değildi. Aslına bakılırsa o dönemde, arkelerin bakteriden çok ökaryotlara –ve daha çok *bize*– benzediğine işaret eden bazı bulgular açığa çıkmıştı. Woese daha önce Kandler'e önerdiği fikri Zillig'e de tekrarlıyordu: Sahanın büyük kurtları olarak, arkelerin resmen krallık olduğunu duyuracak ve onlara yeni bir isim verecek bir makale yazalım.

Bu çılgın düşünce bir yıl sonra, Woese'in Otta Kandler ve bir başka biliminsanı (ama Zillig değil) ortak yazdığı bir makalede gerçeğe dönüştü. Woese yayımlanması için, *Nature* veya *Science*'a kıyasla biraz daha spekülâtif yazılara yer verebilecek ve hakemlerinin

daha az titiz olduğu (artık bir akademi üyesi olarak) *Proceedings of the National Academy of Sciences*'a yöneldi. Haziran 1990'da "Towards a Natural System of Organisms" [Organizmaların Doğal Sistemine Doğru] başlıklı makale birden fazla önemli iddiada bulunuyordu. İlk olarak bir sınıflandırma sistemi başlıkta ima edildiği gibi katı anlamda "doğal" olmalıydı. Yani evrimsel ilişkileri yansıtan ve filogenetik bir yaklaşımda olmalı, akılda tutma ve öğretmeye uygun olması için ödün verilmemeliydi (Whittaker ve Margulis'in tercih ettikleri gibi). İkinci olarak, konumları itibarıyla Whittaker'ın krallıklarından, Haeckel'in, Copeland'ın yahut Lake'inkilerinden üstün üç temel yaşam kolu olmalıydı ve bu kollar *âlem* olarak bilinmeliydiler. Üç alan, eski krallıkların yerini almak yerine onların *üzerinde* kabul edilmekteydi. Bu stratejik ve zekice bir hamleydi. Krallık muhafızlarının savaşına karşılık vermek yerine bunu aşan bir niteliğe sahipti. Fakat tesadüfen, Woese ve Kandler arasında üçüncü eşyazar Mark L. Wheelis hakkında ufak bir çatışmaya yol açmıştı.

Wheelis California Üniversitesi, Davis'te genç bir mikrobiyologdu ve daha öncesinde filogenetik çalışmalarıyla tanınmıyordu. 1960'larda eğitimini Berkeley'deki Roger Stanier'den almış, Urbana'da post-doktora yaptığı günlerde Woese'la karşılaşmış ve Mitch Sogin'le, kendisinin yaz okulunda, Woods Hole'da moleküler evrim dersleri verdiği sırada arkadaş olmuştu. 1980'lerin sonunda bu temasların hangisi ve başka ne tür faktörler onu tekrar Woese'ın ilgi odağına taşımıştı, Mark Wheelis bile bilmiyordu.

Telefonla ona ulaştığımda Wheelis bana, "Benim için bu hep bir gizem oldu," demişti. "Krallık sorunu" dediği şeyle (bitki ve hayvanları, her şeyi fazlasıyla kuşatan bir grup olarak bakterilerin tümüyle eş, ayrı krallıklar olarak ele almanın göz kamaştırıcı mantıksızlığıyla) ilgileniyordu ve sohbetleri esnasında daha yeni ve üst bir sınıflandırma kategorisine ihtiyaç duyulduğundan bahsetmiş olabirdi. Fakat bu konuda bir yayını yoktu. Sonra "birdenbire" 1990 tarihli makaleye dönüşecek şeyin taslağını aldı. "Bir gün bu elyazması posta kutumda beliriverdi. Carl yorumum olup olmadığını soruyordu." Wheelis daha üst kategori de dahil bazı önermelerde bulundu ve taslağı geri yolladı. Woese Wheelis'in aldığı notların bir kısmını

makaleye dahil etti, başka sorular yönelti ve elyazması dört-beş kez iki ofis arasında gidip geldi. Wheelis'in aktardığı üzere, bu noktada Woese'a onu eşyazar olarak saymayı düşünüp düşünmediğini sormuştu.

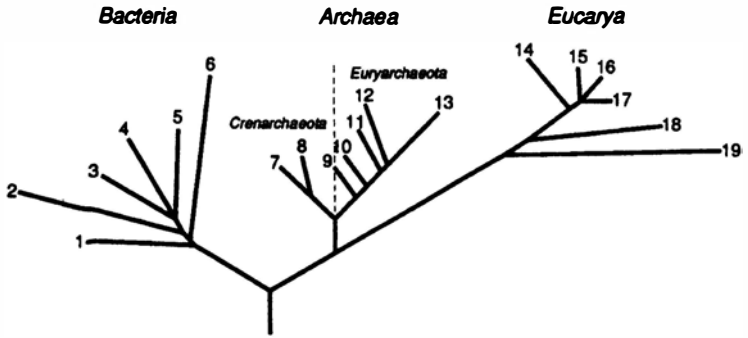
Woese Almanya'da bulunan Otto Kandler'i bilgilendirip bunu kabul etti. Kandler üçüncü bir meslektaşın dahil olmasına şaşırıyordu ama duygularını belli etmeyen bir yüz ifadesi takınıp duruma razı oldu. "Marke eşyazar olacaksa buna hiç itirazım olmaz," diye yazıyordu Woese'a.²²¹ "Fakat bunun tümüyle gerekli olduğuna ikna olmuş değilim." Kandler, Wheelis'in üst kategori koyma önerisinin, Woese tarafından vaktiyle dillendirilmiş bir fikri sadece "yeniden etkinleştirdiği"ni belirtiyordu. Buna rağmen Wheelis, Jan Sapp'ın tabiriyle "güverteye alınmış" katkıları eşyazarlık onuruyla ödüllendirilmişti. Sapp'ın harikulade kitabı *The New Foundations of Evolution*'da anlatıldığı gibi, bu her halükârda Woese'ın karar alma sürecinin usturuplu bir şekilde aktarılmış haliydi. Özel bir konuşmamızda, şarap içerken Sapp bana olayın biraz farklı bir versiyonunu anlatmıştı.

Kandler'i çok seven Woese, arkeleri Alman meslektaşıyla birlikte keşfetmiş gibi görünmek istemiyordu. Bu Woese'ın George Fox ve daha düşük bir derecede Wolfe ve Balch'la paylaştığı büyük ayrıcalığıydı; ama başka hiç kimseyle değil. Bu keşfin tüm şanı kendisinin olsun istiyordu. Sapp'ın kendisi de Woese'ı zeki bir amca gibi sevmiş ve *The New Foundations of Evolution* üzerine araştırma yaparken onunla yakın çalışmıştı fakat Woese'cı zaafılar hakkında keskin bir görüşe sahipti. "Bu adamı tanıyorum." Eğer üç âlemli makale sadece iki eşyazarla dönüm noktası olsaydı, "o ve Kandler eş kâşifler olarak görüleceklerdi. Fakat Wheelis işin içine girince, Kandler'i hafifletmiş oldu."

"Bu çok tuhaf," dedim. Fakat kimi zaman bilim, çoğu kez de insan doğası böyle işlemekteydi.

"Evet," dedi Sapp. "Carl böyle biri."

Makalenin son ana noktası, üç âlemin bundan sonra bakteriler, ökaryalar ve arkeler olarak tanınması gerektiği idi. Yazarlar artık *arkebakteri* sözcüğünün ortadan kaldırılması gerektiğini savunuyorlar-



Woese, Kandler ve Wheelis'in "Doğal Sistem" ağacı, 1990.

dı.²²² *Prokaryot* sözcüğü de kaldırılmalıydı. Prokaryotlar filogenetik bir kategori olarak var olmamışlardı (bu yanlış bir birimdi) çünkü arkeler ve bakteriler birbirlerinden tamamen ayrı konumlarda yer almaktaydılar.

Ve elbette ortada bir ağaç vardı. Düz ve basit çizgilerle çizilmişti fakat buna rağmen zengin ve kıskırtıcıydı. 1987'de çizilen köksüz ağacın aksine, bu seferki Woese'ın yakın zamanda bazı Japon araştırmacıların çalışmalarına rastlamasıyla gördüğü karmaşık bir teknik (zamanda geriye giden taklit genler kullanılmaktadır ama bu ayrıntıları boş verin) sayesinde kökleri vardı. Gövdesi tek bir kaynaktan dikey doğrultuda yükseliyor, ardından iki büyük kola ayrılıyor ve bir tanesi tekrar ikiye bölünüyordu. Sol kol bakterilerdi. Sağdaki iki kol sa arkeler ve ökaryalardı (Eucarya şeklindeki yazım sonrasında, bahsettiğim gibi Yunanca köklerinin daha iyi bir transliterasyonu ile düzeltilip Eukarya yapıldı). Bu düzenleme Woese'ın 16S rRNA verilerinin gösterdiği şeyi ifade etmekteydi: Biz insanlar ve geriye kalan tüm hayvanlar, tüm bitkiler, tüm mantarlar, tüm ökaryotlar bilimin 1977'den önce bilmediği ortak bir soydan türemişlerdir. Büyük klasik ağaçların sonuncusuydu: otoriter, sağlam, bilim için tamamen yeni ve bir dereceye kadar doğru. Ne var ki daha sonra gelecek şeyleri tümüyle ıskalayan bir ağaç.

5

Bulaşıcı Kalıtım

Şimdi sıra, bu koca öyküde yatay gen transferinin oynadığı rolle ilgili farkındalığın patlamasına geldi. Bu patlama 1990'ların başında yaşandı fakat emsalleri epey geçmişe uzanmaktaydı. YGT fenomeninin uzun ve tuhaf öyküsü aslında dört milyar öncesine dayanır ve bilimin böyle bir şeyin olabileceğini ilk fark ettiği an 1928'e uzanır. O yıl Fred Griffith adlı bir İngiliz tarafından yayımlanmış bir eserden büyüyüp gelişmiştir. Fakat o dönemde, Griffith'in kendisi bile bulunan şeyin ne tür içerimler taşıdığını görememiştir.

Griffith Kuzeybatı İngiltere'nin küçük bir kentinde doğdu ve eğitimini Liverpool'da, Mersey Nehri'nin hemen orada aldı. Tıptan mezun oldu ve patoloji alanında burs aldı. Bir süre yerel bir laboratuvar da ve hastanede çalıştı. Oxford'da kamu sağlığı diploması aldı ve Büyük Savaş sırasında Londra'daki Britanya Sağlık Bakanlığı'na katılmadan önce tüberküloz üzerine araştırmalar yaptı. Big Ben'in hemen kuzeyindeki Endell Sokağı'nda yer alan bakanlığa ait Patoloji Laboratuvarı'nın tıp görevlilerinden biri olarak, üst kattaki laboratuvar alanıyla mutfağını iki teknisyen ve William M. Scott isimli meslektaşıyla paylaşıyordu. Alt katta ise posta ofisi vardı.

Griffith titiz bir laboratuvar bilimcisi ve odak noktası dar, spekülasyonlardan kaçınan dört dörtlük bir memurdu. “Çok utangaç ve soğuk, tanınması zor biri” olarak tarif ediliyordu ve kendisine atanmış konu bakteriyel pnömoniydi.²²³ Scott’un çalışmaları daha az bilinmekteydi fakat iyi arkadaş oldular, 1941’de ayrılınca dek yan yana kalmayı sürdürdüler. Bir değerlendirmeye göre Griffith ve Scott yeterli ödeneği alamayan laboratuvarlarında, “bir gazyağı tenekesi ve ilkel bir ocak tüpüyle çoğu insanın saraylarda yapamayacağı şeyi yapmaktaydılar.”²²⁴

Griffith’in üzerinde çalıştığı *Pneumococcus pneumoniae* (şimdi *Streptococcus pneumoniae* olarak adlandırılmaktadır) bakterisi, ciddi ve zaman zaman ölümcül pnömonilere yol açabilen tehlikeli bir böcekti. 1918-1919 grip salgını sırasında bu pnömoni türü birçok hastaya ikincil bir enfeksiyon olarak yerleşmiş ve muhtemelen grip virüsünün kendisine kıyasla milyonlarca daha fazla insanı öldürmüştü. O dönemlerde antibiyotikler yoktu. En iyi tedavi, aşılanmış atlardan alınan zengin antikorlu kan serumlarıyla antiserum tedavisi uygulamaktı. Fakat pnömokokun en az dört tipi vardı (Tip I, II, III ve son derece gereksiz bir kafa karışıklığı yaratarak hepsini birden kapsayan Grup IV tipi) ve dolayısıyla bu tiplere özel birkaç farklı serum vardı. Tedavi uygularken hastanın hangi pnömokok tipiyle enfekte olduğunu bilip doğru serumu seçmek istiyordunuz. Tıbbi bakteriyologların yaptığı işte bu türden şeylerdi. Griffith’in 1920’li yıllarda farklı pnömoni türlerini birbirinden ayıran, özelliklerini inceleyen ve yaygınlıklarını takip eden araştırmaları tüm ülkelere yayılmıştı. 1920 ile 1927 arasında 300’e yakın vaka incelemiş ve birçok başka şeyin yanında Birmingham’ın hemen batısındaki Smetwick semtinin pnömokok bakterisiyle dolu olduğunu ve Tip II’nin orada yerini Grup IV’e bıraktığını görmüştür. Bu tür istihbaratlar salgınların takip edilmesi ve hangi serumun hazırlanıp yollanacağına karar verilmesi için çok faydalıydı. Griffith verilerini hastaların ciğerlerinden öksürerek çıkardıkları balgamları inceleyerek elde ediyordu. Aksırıp çıkarılmış balgamlarla dolu bir soğutucu sandığı vardı.

1923’te Griffith çok önemli bir şey keşfetti: Pnömokok bakterileri arasında farklı *tiplerin* yanı sıra, her tipin içinde iki farklı *form*

bulunmaktaydı. Bunlardan biri yırtıcı derecede tehlikeli, diğeri ise uysaldı. Tehlikeli böcekler mikroskop altında pürüzsüz görülen kolonilerde kümelenmişlerdi. Bu yüzden onları P olarak adlandırdı. Tehlikeli olmayan form ise kaba kolonilerde kümelendiklerinden onlara K dedi. Sebebini kendisi de bilmiyordu. Bazen P formunun kılık değiştirip K formuna girdiğini fark etti. Bunun da sebebini bilmiyordu. Belki mutasyon ve doğal seçimlendi. Muhtemelen serum verilmiş bir tepkiydi. Belki de değildi. Ardından kendisini çok daha şaşırtacak ikinci bir keşif yaptı: Belli deneysel koşullarda, örnek olarak K formundaki Tip II bakteri, P formundaki Tip I'e dönüşebiliyordu. *Nasıl?* Sanki pnömokok farklı türlere dönüşmüş gibiydi. Fakat Griffith, Ferdinand Cohn'un bakteriyoloji okuluna sıkı sıkıya bağlı biriydi. Yani (keskin hafızanızın da söyleyeceği gibi) bakteriyel türlerin sabit, istikrarlı ve bilinebilir şeyler olduğunu söyleyen bir ekolün parçasıydı, değişken ve sihirli bir biçimde biçim değiştirebilen şeyler olduğunu söyleyen değil. Fakat burada değişiyorlardı. Griffith kendi laboratuvar tekniğinden şüpheye kapılıp yeniden test etti. Aynı sonuç çıktı. Bulaşma olasılığını bertaraf etmek için titizlikle uğraştığından, sonrasında şüpheli tutumunu itiraf ederek şöyle yazmıştı: "Bu türden dönüşümlerin hipotezi için ortada hiçbir alternatif yokmuş gibidir."²⁵ Dolayısıyla bu fenomene şu ismi verdi: *Dönüşüm*. Bir bakteri formu diğerine dönüşmüştü. Esrarengiz bir şeydi.

Griffith için bu dönüşümler laboratuvar farelerinin bedenlerinde yaşanmıştı. Deneysel prosedürleri, farelere pnömokokun şu veya bu türünü (sözelimi Tip I veya Tip II) ve şu veya öbür formunu (K veya P) enjekte etmek, bazen bir doz serum eklemek, ardından da farelerin ölüp ölmediğini gözlemlemekten oluşuyordu. Fare ölürse kan örneği alıyor, hayvanı kıran bakterinin kültürünü çıkarıyor, mikroskopla tipi ve formunu tespit ediyordu. Yaptığı sayısız deneyden en aydınlatıcı olanda, her fareye iki bakteri formu vermiş, ölü P formuyla (canlı olsaydı tehlikeli olurdu) ve canlı K formuyla (uysal olan) dolu bir doz enjekte etmişti. Tehlikeli bakterilerin dozunu itinayla seçilmiş bir sıcaklıkla ısıtarak öldürmüştü (ama biyokimyasal bileşenlerini tamamen yok etmemişti). Bu yöntemle elde ettiği ilk ilginç bulgu ölü P ve canlı K karışımının bir fareyi öldürebiliyor olmasıydı.

Daha şaşırtıcı olansa, formların yanı sıra tipleri de karıştırdığında elde ettiği sonuçlardı. Örneğin bir deneyde Tip I bakterisinin ısıyla öldürülmüş P formunu (tehlikeli olan), Tip II bakterisinin canlı K formuyla (uysal olan) karıştırarak beş fareye enjekte etmişti. Birkaç gün içinde tüm fareler yıkılıp düşünce ve Griffith kan örneklerini alınca, tehlikeli olan canlı Tip I bakterilere rastladı. Yine bu değişime dikkat ediniz: Ölü tehlikeli I artı canlı uysal II... canlı tehlikeli I'e dönüşmüştü. Tuhaf bir şeyler olmuştu. Zombi bakteriler olmuşlardı sanki. Ya karışım tehlikeli Tip I bakteriyi hayata döndürmüş ya da Tip I bir şekilde canlı Tip II'yi kendisine dönüştürmüştü. Bilim-kurgu filmi çevrilmiyordu ve bu seçeneklerin ikisi de mümkün olamazdı.

Pnömonokok çalışmasıyla ilgili uzun makalesini yayımladığında Griffith'in kendisi de bunu açıklamak için uğraşıyordu. Onun gözünde, yaşayan bakteriler tehlikeli hale dönüşme kapasitelerini hayata geçirmek için "ölü kültürün içindeki ürünlerden yararlanıyorlar" dı.²²⁶ Bu nasıl olabilirdi? Belki öldürülen, tehlikeli bakterilerin enkazından bir parça, canlı ve tehlikeli olmayan bakterilerin tehlikeli hale gelmek için tüketebileceği bir tür *pabulum* olarak hizmet vermektedir.²²⁷ *Pabulum*, Britanya ağzındaki karşılığıyla *pabulum*, basitçe püre haline getirilmiş ve kolayca sindirilebilir gıda anlamına gelmektedir. Bu önermenin el yordamı muğlaklığı, Griffith'in bulduğu son derece özel deneysel bulguları yorumlamanın Griffith için bile ne kadar zor olduğunu yansıtmaktadır. Yine de muğlak olsun veya olmasın, kaba- ca doğrudur.

Pnömonokok makalesinin özetinde, Griffith sonuçları eskisi gibi sağlam, ampirik bir devlet memurunun tarzıyla listelemekle yetine- rek *pabulum* hakkında spekülasyonda bulunmayı reddetmekteydi. Listesinin başındaysa şu vardı: Tip II pnömonisi Smethwick'te gerilemişti fakat Tip I vakaları sabit kalmıştı. Listesinin sonlarındaysa şu vardı: Ah, bu arada, ölü bakteriler görünüşe göre canlı bakterileri bir türden diğerine dönüştürme imkânına sahipler.

Griffith bu meselenin peşinden hiç gitmedi. Yapılan değerlendirmelerden birine göre, dönüşüm fenomeni ilgisini çekmiyor gibiydi. Hatta muhtemelen rahatsızlığa kapılmıştı (çünkü türlerin sabitli-

ğiyle çatışıyor gibiydi) ve bunu açıklamayı “kimyagerler”e bırakmaktan memnundu.²²⁸ Araştırmalarını pnömokoktan diğer bakterilere kaydırıldı. Harfi harfine tarif edilen deneylerle dolu 47 sayfanın içinde geçerken bahsettiği dönüşüm meselesiyle bu makale –bir tarihçi “kaynaşmış bir ortama düşen mermi” olarak tarif etmişti²²⁹–, diğer araştırmacılar (sadece “kimyagerler”den ibaret değillerdi) onun bıraktığı yerden işe devam ettikçe çok okunan ve etkili bir kaynağa dönüştü. Diğer biliminsanlarının keşfettiği şeyleri, esrarengiz *pabulum*’un ne olduğunu asla öğrenemedi ve göremedi.

Kendisine baktığımızda, dramalardan yahut bilimsel şöhrat ışıklarından haz alan biri değildi. Nadiren toplantılara gider ve konuşmalar yapardı. Uluslararası Mikrobiyoloji Kongresi 1936’da Londra’da toplandığında, konuşma yapması gerektiği halde, etkinliğe götürmek için Griffith’i “cidden zorla taksiye bindirmek zorunda kalmışlar”dı.²³⁰ Asla evlenmedi ve bir noktadan sonra Londra’daki dairesini Patoloji Laboratuvarı’nda geçirdikleri eski günlerden beri görüşmeye devam ettiği dostu ve meslektaşı William M. Scott’la paylaştı. Nisan 1941’in bir gecesi, *Blitz** sırasında apartmanının doğrudan vurulması sonucunda Scott’la birlikte hayatını kaybetti. *British Medical Journal*’da yayımlanan iki paragraflık ölüm ilanı dönüşümden bahsetmiyordu.

İkinci Dünya Savaşı sırasında, Alman hava filosu Birleşik Krallık’ı bombardımana tutmuştur. İlk kez İngiliz basını tarafından kullanılan *Blitz* terimi Almandaca “yıldırım” anlamına gelir. (Y.N.)

Griffith'in uzun makalesi Ocak 1928'de ortaya çıktı. Titizliğiyle yaptığı ün müthişti ama keşfettiği şey öyle tuhaftı ki diğer bakteriyologlar en az bir-iki yıl boyunca bunu kabul edip etmeme konusunda tereddüt içinde kaldılar. Birkaçı deneylerini tekrarlayıp bulgularını doğrulamak veya çürütmek için uğraştı. Sonuçları doğruluyorlardı: Evet, ortada bir hata yoktu ve dönüşüm yaşanmıştı. Peki, Griffith'in ölü bakterilerden gelen ve canlı bakterilerin kimlik değiştirmesine yol açan *pabulum*'u neyin nesiydi? Kalıtımın doğası hakkında neler açığa çıkarabilirdi?

Bu sorular *gen* sözcüğünün özgürce kullanıldığı ama kimsenin anlamını ciddi anlamda bilmediği bir bağlamda –20. yüzyılın başlarındaki genetik bağlamında– soruluyordu. Gen sadece sözcüğün kendisiyle somutlaştırılabilen bir soyutlamaydı. Jargonun bu ufak ve hoş birimi 1909 yılında, kalıtsal özellikleri belirleyen yapıları ifade etmek için icat edilmişti.

Genetikçiler o dönemde genlerin hücrelerdeki kromozomlarda bulunduğundan şüpheleniyorlardı ve kromozomlar mikroskopla gö-

rülebilmekteydi ama genlerin kendisi görülemiyordu. Fiziksel gerçeklikleri var mıydı, yani aynı ipe dizilmiş boncuklar gibi kromozom üzerinde düzenlenmiş ayrı kimyasal birimler miydi? Veya her “gen” Darwin’in (yanlışlıkla) tahmin ettiği gibi, ölçülen bir niteliğin yahut dalgalı bir sürecin net sonucundan mı ibaretti? 1934 gibi geç bir tarihte meyve sineklerini kullanarak mutasyon ve kalıtım alanındaki çalışmalara öncülük etmiş saygın Amerikalı genetikçi Thomas Hunt Morgan, Nobel Ödülü’nü kabul ettiği konuşmasında şöyle demişti: “Genetikçiler arasında genlerin ne olduğu, gerçek mi yoksa saf birer kurgu mu oldukları konusunda görüş birliği yoktur.”²³¹ Morgan bunun önemli olmadığını ekliyordu çünkü “genetik deneylerin bulunduğu düzeyde” sonuçlar iki ihtimalle de aynıydı. Kastettiği şey *kendisinin* gibi genetik deneylerin, genlerin kromozomlar üzerindeki göreceli pozisyonlarıyla ve bu pozisyonların cinsel üreme esnasında nasıl yeni kombinasyonlara etki ettikleriyle ilgilendiği idi.

Fakat Rockefeller Enstitüsü’nde tıbbi araştırmalar yapan Oswald Avery ve diğerleri bakteri gibi eşeysiz yaratıklarda dönüşüm gibi fenomenlere yakından baktıkça, genin somut bir gerçek mi yoksa bir etkiler bulutu mu olduğu cidden önemli olmaya başladı. Kalıtsal değişimleri taşıyan bir *pabulum* varsa, reçetesi neydi? Kalıtsal madde fiziksel bir şeyse, kimyasal bir yapıysa, hangi molekül veya moleküller onu oluşturunuyordu?

Bu sorgulama çizgisinin ortaya çıkmasıyla, başat hipotez genlerin proteinden meydana geldiğini söyleyen hipotez oldu. Bir proteinin bir zincir gibi birbirine bağlanmış farklı aminoasitlerden oluşan uzun bir molekül olduğunu, dizilimlerinin proteinden proteine çok değişiklik gösterdiğini ve bu değişikliklerin biyolojik özellikleri çizgisel bilgiler olarak kodlamak için engin olasılıklar sunduğunu hatırlayın. (Francis Crick’i ve filogenetik haritalar çıkarmak için proteinlerin kullanılmasını savunan 1958 tarihli makaleyi ele aldığım yerde bunları okumuştunuz.) Doğrusu “engin olasılıklar” yetersiz bir ifadeydi. Yaşamın 20 aminoasitiyle işe başlayın. Bunları sözcğeli mi 300 aminoasit uzunluğunda bir molekül oluşturacak şekilde, olası her yolla karıştırıp düzenleyin. Matematikini yapın ve sayılamayacak kadar olası dizilim çıkarın. Genetik için bu kadar yeterli.

Başka bir hipotez nükleik asitlerin bir şekilde süreçle bağlantılı olabileceğini söylüyordu. DNA ve RNA olarak bildiğimiz nükleik asitler, canlı yaratıklarda bulunan dört önemli molekül kategorisinden birini oluşturmaktadır (diğerleri yağlar, karbonhidratlar ve proteinlerdir). Fakat nükleik asitler her amaca uygun bir alfabe olarak hizmet vermeye yetecek kimyasal karmaşıklığa ve çeşitliliğe sahipmiş gibi görünmemektedirler.

Örneğin DNA'ya bakalım: Yapısı 20. yüzyılın başlarında bilinmiyordu fakat bileşenleri biliniyordu ve bu bileşenler –şeker ribozu, biraz fosfat ve baş harfleriyle A, S, G ve T olarak anılan dört baz– sayılamayacak kadar yapısal seçenek sunuyormuş gibi görünmüyorlardı. Aslında yüzyılın önemli bir bölümü boyunca, DNA'nın yapısıyla ilgili hâkim varsayım radikal derecede basitti. Dört bazın tamamının eşit miktarlarda bulunduğunu ve kendilerini ASTG-ASTG-ASTG-ASTG gibi sabit dizililerle tekrarladıkları varsayılıyordu. Bundan dolayı biyolojinin en akıllı isimlerinden bazıları, 1930'larda ve 1940'larda bile DNA'dan "sıkıcı bir molekül" veya "aptal bir molekül" olarak bahsetmekteydiler.³² DNA küçük görülen ve yanlış değerlendirilen bir şeydi. Adeta 16 yaşında okuldan atıldığında, babasının kendisine aklını başına toplayıp elektrik mühendisi olmasını söylediği Albert Einstein gibiydi.

Bunun dışında kalıtsal materyallerin belki proteini ve nükleik asiti bir araya getirdiğini (proteinin çeşitlilik sağlayan bir alfabe olduğu, DNA'nın bir tür destekleyici bir işlev oynadığı) söyleyen üçüncü bir görüş vardı. Bu DNA'nın kromozomlarda bol miktarda olmasını açıklayabilirdi. Fakat kimse gerçek anlamıyla bilmiyordu. On yıllar boyunca farklı görüşler inip çıktı. Ortada meseleyi çözecek araçlar ve yöntemler henüz yoktu – ya da daha doğru bir ifadeyle gerekli hayal gücü yoktu. İşte Oswald Avery bu belirsizlik alanına adımını atmıştı.

Avery moleküler biyoloji alanında yapılan ilk araştırmaların acayip ve destansı abidelerinden biriydi. Öyküsü Nova Scotia'da, Urbana gibi bütün hikâyenin sürekli dönüp dolaştığı bir kent olan Halifax'ta başlamaktaydı. 1877'de bu kentte, Anglikanizmden dönüp Evanjelik bir vaftizci vaize dönüşmüş ve kutsal görevin "tuhaf baskısı" onu ele

geçirince Kanada'ya göçmüş ateşli bir İngilizin ikinci oğlu olarak doğdu.²³³ On yıl sonra bir başka tuhaf baskı, aileyi New York'un Aşağı Doğu Yakası'na taşıdı. Saygıdeğer Avery burada Bowery'deki misyon merkezlerinden Mariner's Temple kilisesinin papazı oldu. Oswald ve abisi müzikle ilgileniyorlar, kornet çalıyorlar ve genç birer ergen olarak pazar günleri kilisenin dışında durup pirinç kornalarını cemaati çekmek için çalarak aile ekonomisine katkıda bulunuyorlardı. Kulağa *Guys and Dolls*'tan [Gönül Yolu]* bir sahne gibi gelmekteydi: Bowery'de iki çocuk sokakta, "Başka bir lokma almadan önce takip edin, takip edin," diye bağıryorlardı. Oswald 15 yaşındayken abisi hastalanıp öldü. Aynı yıl Muhterem Avery de öldü (aile için kötü bir yıldı). Fakat ailenin sağlam ortanca oğlu Oswald'ın kendisi (bir şekilde) hazırlık okuluna gitti, Colgate Üniversitesi'nde okudu ve en küçük kardeşi, Roy Avery onun sayesinde bakteriyolojiye girdi.

Oswald'ın fotoğrafları altı yaşından itibaren, önce koca gözle riyle melekleri andıran bir oğlanın, ardından içi muhtemelen koca bir beyinle dolu büyük kubbeli alnıyla, yavaş yavaş kelleşen, adeta kafatasından zekâ fışkıran bir adamın resimleriydi. Alttaysa her zaman küçük, düz bir ağız vardı. Colgate'in korosunda kornet çalıyordu. Oradan tekrar New York'a dönüp Columbia Üniversitesi Hekimlik ve Cerrahlik Okulu'na gitti. Burada bakteriyoloji ve patoloji haricinde çok başarılı oldu. Arkadaşları onu "bebek" diye çağırıyorlardı çünkü hâlâ kafatası kocaman küçük bir çocuk gibi görünüyordu.²³⁴ Tıp diplomasını alıp Brooklyn'de bir laboratuvara gitti. Burada idareye yardımcı oluyor ve yoğurdun bakteriyolojisi gibi konular üzerinde çalışıyordu ama aynı zamanda nezle ve tüberküloz üzerinde de biraz araştırma yapıyordu. Altı yıl sonra Avery, o dönemde annesini öldüren pnömöni hakkında araştırmalar yapmak üzere Rockefeller Enstitüsü'ne katıldı.

Kendi laboratuvarına sahip olduğu Rockefeller Enstitüsü Hastanesi, Avery'nin önceki 20 yılın büyük kısmını üzerinde çalışarak geçirdiği pnömokok pnömöni konusunda Amerika'nın en ileri araştırma merkeziydi. Fakat Griffith'in 1928'de yazdığı makaleden sonra

ve genç meslektaşlarının ittirmesiyle, odak noktası yavaş yavaş saf tıbbi meselelerden çok daha geniş şeylere kaydı. 1934 yazında Avery gibi Kanadalı biri olan Colin MacLeod isimli genç bir adam geldi. MacLeod tıp öğrencisiyken Griffith'in makalesini okumuştı ve dönüşüm üzerine çalışmak istiyordu. Avery o günlerde tiroid hastalığından ötürü hastalık iznine çıkmıştı ve döndüğünde MacLeod kendi kendine yöntemleri öğrenip işe başlamıştı. Avery onun çabalarını destekledi. Hâlâ toparlanma aşamasındaydı ve 45 kiloyu zorla kaldırıyordu, fakat o ve MacLeod uzun saatler ve haftasonları boyunca çalıştı.

Belli ki Avery sonraki birkaç yıl boyunca sessizce büyüyen bir özgüvenle, pnömokoktaki dönüşümün tıbbi bir meseleden ibaret kalmayacağını, genel anlamda biyoloji için devasa içerimler yaratacağını sezmişti. Kendisi ve laboratuvar üyeleri sihirli *pabulum* yerine kullandıkları “dönüştürücü ilke”den bahseder ve yarattığı sonuçları genetik bilgileri taşıyarak başardığından şüphelenir olmuşlardı.²³⁵ Eğer bu şüphe doğrulanırsa, dönüştürücü ilkeleri kalıtsal materyalin kendisi çıkacaktı. Ve sadece pnömokok pnömonisinin değil, belki de tüm yaşamın kalıtsal materyali olacaktı. Diğer bir deyişle dönüştürücü ilkeyi tanımlamaya çalıştıkça genin fiziksel gerçekliğine bakmaktaydılar.

Fakat Rockefeller Enstitüsü'nün birincil zorunluluğu ve önceliği hâlâ tıbbi uygulamalardı. 1930'ların sonunda dönüşümle ilgili çalışmalar biraz güç kaybetmişti çünkü MacLeod deneysel zorluklarla boğuşmaktaydı ve sulfa ilaçlarının –ilk antibiyotikler– ilk kez ortaya çıkışı, pnömokok enfeksiyonların türlerini ayırt etme ihtiyacı duymadan bunları iyileştirme olasılığını vaat etmekteydi. Eğer tiplere ayırma ihtiyacı ortadan kalkarsa, tiplerin dönüşümü de anlamsız hale gelebilirdi. En azından tıbben anlamsız olacaktı. Akademik kariyerini ileri taşımak için pratik yayınlara ihtiyaç duyan MacLeod, ilgisini bir süre sülfalara çevirmişti. Bu esnada bilim dünyası içinde, Avery'nin dönüşümü büyük ve zengin bir bilimsel mesele olarak gören güçlü sezgisini paylaştan hiç kimse yoktu. Bu boşluktan sonra, 1940 güzünde Avery ve MacLeod tekrar buna döndüler.

Dönüştürücü ilkeyi tanımlamak için önce, bunu ne olursa ol-

sun, kimyasal analizlerin yapılmasını sağlayacak miktarlarda yalıtımları gerekiyordu. Yani ısı uygulayarak pnömokok hücreleri öldürmenin ötesinde, hücrelerin içini açıp hücre püresinden numune çıkarmaları, aldıkları şeyde hangi parçanın (protein mi, nükleik asit mi yoksa başka tür bir molekül mü?) dönüştürücü gücü taşıdığını belirlemeye çalışmaları gerekiyordu. MacLeod pratik deneysel işlerin çoğunu halletmişti. Avery'nin aksine titiz ve metodik olan MacLeod, bir meslektaşına göre çok daha "fevri ve sabırsız"dı ve belki bu santrifüj için krema ayırıcı kullanarak operasyonun ölçeğini büyötmeye çalışmasını açıklayan şeydi.²³⁶

Pnömokoklarını et suyunda költürlediler ve konsantre bakteri kütleleri elde etmek için költürü santrifüjlemeleri (et suyunu hücrelerden ayırmak için döndürerek karıştırma) gerekiyordu. Bu zaman alıyordu ve sıradan laboratuvar santrifüjleri her seferinde sadece bir litre su karıştırabiliyorlardı, bundan dolayı çok ufak miktarda bakteri elde edilebiliyordu. Ölçeğin büyütölmesi daha fazla hücre püresinin katılması, böylece çıkarılan miktarın daha fazla olması demektir. Bu kimyasal ve biyolojik testleri bir nebze daha kolay hale getirecekti. Bunun üzerine MacLeod bir şekilde, durmayan bir çevrimle galonlarca költürü işlemekten geçirebilecek, yüksek hızlı silindiri ve ayrı boşaltma muslukları olan sanayi tipi bir krema ayırıcı buldu. Tek sorun tam güçle çalıştırıldığında, odanın tamamına "bakterilerle dolu görünmez bir aerosol" sıçratma eğilimiydi.²³⁷ Bu can sıkıcı olmaktan öte bir durumdu. Düşük yağlı sütün ince tanelerle serpilmesinde sorun yoktu, hatta yoğurttaki bakterilerin serpilmesinde de problem yoktu. Ama tehlikeli pnömokokun ince tanelerle serpilmesi büyük sorundu. MacLeod bunu çözmek için enstitünün makine atölyesinden, ayırıcı için bir yuva yapma ve bijon anahtarıyla güvenli bir şekilde kapatılıp açılabilir contalı kapağıyla bir tür muhafaza kazanı tasarlamasında kendisine yardım edecek bir teknisyen buldu. Açılmadan önce kazanın içine buhar üflenerek sterilize edilecekti. Ardından somun anahtarıyla açacaklar, içindeki bakteri kitlesini kaşıkla çıkaracaklar ve çalışma devam edecekti.

Colin MacLeod 1941'de başka bir iş için oradan ayrıldı ve biyokimya eğitimi almış başka bir genç doktor, Maclyn McCarty dönüş-

türücü ilke arayışında Avery'nin bir sonraki baş yardımcısı oldu. Artık Avery'nin iş arkadaşları arasındaki takma adı "Bebek" değildi. Aksine bundan olabildiğine uzak bir biçimde "Profesör" olarak anılır olmuştı. Kısaca ona "Fess" diyorlardı.²³⁸ Dönüştürücü ilke üzerine çalışan ekibi, kendilerini gizemli maddenin protein olmadığına neredeyse ikna etmişlerdi. McCarty olasılıkları daraltma hedefiyle bir dizi deney tasarladı ve 1942 yazında o ve Fess bunun muhtemelen DNA olduğuna işaret eden bulgular elde etti. DNA'nın sıkıcı, kendini tekrarlayan, kalıtsal bilgileri taşımaktan aciz "aptal bir molekül" olduğu düşünüldüğünde bu kulağa mantıkdışı geliyordu. "Bu fikrin şüpheyile karşılanacağına farkında değildik," diye yazmıştı McCarty sonrasında.²³⁹ "Öncesinde bize, dönüştürücü ilkenin büyük ihtimalle deoksiribonükleik asit olamayacağını çünkü 'nükleik asitlerin birbirine benzediğini' birden fazla kişi söylemişti" (aralarında Rockefeller Enstitüsü'nde iki kat yukarıdaki laboratuvarında, DNA'yla ilişkili çalışmalar yürüten dırdırcı bir biliminsanı da vardı). Bu tür heves kırıcı yorumlara rağmen, bulgularına güveniyorlardı ve itinayla sınırlandırılmış ama iddialarında muğlaklıktan uzak duran bir makale yayımladılar. Söyledikleri şuydu: Pnömonokun dönüşümüne DNA sebep oluyor. Söylemedikleriye şu: DNA genlerin maddesidir.

Her halükârda bunu aleni bir şekilde söylememişlerdi. Fakat Mayıs 1943'te, çalışmalarının doruk noktasına ulaştığı dönemde, Oswald Avery artık Nashville'deki Vanderbilt Üniversitesi'nde mikrobiyoloji profesörü olmuş kardeşi Roy'a bir mektup yazdı. Aile meselelerine ve yaklaşan emekliliğine değinen uzun bir mektuptu fakat sonra konuyu MacLeod ve McCarty ile yürüttüğü çalışmaların ayrıntılı bir tarifine getirmekte, dönüştürücü ilkenin DNA olduğunu gösteren keşiflerinden bahsetmekteydi. "Kim tahmin edebilirdi ki?"²⁴⁰ Bir miktar daha pnömonok alıp, bunları yine arıtma işlemin-den geçirme ve sonuçlarını doğrulamak için teste tabi tutma planlarını anlatıyor, ardından çalışmayı kâğıda dökceklerini söylüyordu. Roy'a şöyle yazmaktaydı: "Elbette henüz hiçbir şey ispatlanmadı ama eğer haklıysak, nükleik asitler sadece yapısal öneme sahip olmakla *kalmıyor*, biyokimyasal aktiviteler ve hücrelerin belli karakteristik özelliklerini belirlemede işlevsel anlamda etkin maddeler anla-

mına da geliyor.” Yani DNA’nın bir hücreden diğerine öngörülebilir ve kalıtsal değişimleri taşıyabildiği anlamına gelmekteydi. DNA’ların bir şekilde ikinci hücrede tutunabildiği ve sayısız kuşakla aktarılabildiği, sonrasında bakıldığında, en başta getirilen miktardan çok daha büyük sayılara ulaştığı anlamına geliyordu. “Kulağa bir virüs, belki bir cin gibi geliyor,” diye yazıyordu Avery. Fakat her zamankinden daha temkinliydi, aşırıya kaçmaktan çekiniyordu. “Her seferinde bir adım. Önce dönüştürücü ilkenin kimyasal yapısı nedir? Başkaları geri kalanını halledebilir.”

İlerleyen aylarda McCarty ile birlikte makaleyi kaleme aldı ve MacLeod’u eşyazar olarak ekledi. Kasım ayında *Journal of Experimental Medicine* dergisine yollandı ve Şubat 1944’te yayımlandı. O tarihte 32 yaşında olan Maclyn McCarty, makalenin yeni baskısını annesine, yanına duyduğu gururu ifade eden birkaç karalanmış sözcükle yolladı: “En sonunda işte bu.”²⁴¹ Bayan McCarty Avery’nin kardeşinin aksine bakteriyolog değildi ve bu yorumu veya makalenin kendisini nasıl değerlendirdiği tarihin kayıtlarına düşmedi. Indiana’lı bir anne oturup “Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types” [Pnömonokok Tiplerinin Dönüşümüne Yol Açan Maddenin Kimyasal Doğası Üzerine Araştırmalar] başlıklı makaleyi mi okurdu, yoksa sadece kahve sehпасının üzerine koyup, “İşte benim oğlum,” mu derdi? Muhtemelen ikincisini. Her neyse, uluslararası biyologlar topluluğu, bulgular biriktikçe yavaş yavaş bunun *böyle olduğunu* kabul etti – yani Avery, MacLeod ve McCarty tarafından genin fiziksel yapısının keşfedildiğine karar verdi.

Bu güzel, gerçek bir hikâyedir. Fakat burada anlatmamızın sebebi bunun dışında bir şeyler daha yapmış olmalarıdır.

Sözcüğün Fred Griffith ve Oswald Avery tarafından kullanıldığı şekliyle, dönüşüm yatay gen transferinin üç başat mekanizmasından biri olup, geçtiğimiz yüzyılda biyologların keşfettiği en mantıklı fenomendir. Griffith gizemli bir *pabulum*'un, bir bakterinin tehlikeli olmayan tipini tehlikeli bir tipe dönüştürebildiğini keşfetmişti. Avery grubu ise, Griffith'teki *pabulum*'un DNA, yani genlerin fiziksel taşıyıcısı olduğunu göstermişti. Dahası Avery'nin ekibi en çıplak haliyle –yakalanmış bakteri hücrelerinden kurtarıldıktan sonra ortamda serbestçe aktığı haliyle– DNA'nın başka bakterilere girme ve kalıtsal değişime yol açma yetisini kanıtlamıştı. Avery ve meslektaşları o dönemde, bu tür yatay geçişlerin DNA'yı sadece ufak sınırlardan, yani *Pneumococcus penumoniae*'nin bir türünden diğerine taşımakla kalmayıp, devasa uçurumları kat edip bir bakteri türünden diğerine, bir cinsten başkasına, yaşamın bir âleminden diğerlerine de nakledebileceği konusunda en ufak bir fikre bile sahip değillerdi. Bu tür yatay transferlerin sebep olduğu dönüşümler, pnömoni bakterisinin uysal tipten tehlikeli olana geçmesinden çok daha önemli olabilirdi.

Yatay genetiğin diğer başat mekanizmaları, Avery'nin ekibinin makaleyi yayımlamasını takip eden on yıl içinde aydınlığa kavuştu. Birisi bakteriler arasında bulunan bir tür "eşeylilik"le ilgiliydi ve adına *konjugasyon* denmişti. Diğeriyse yabancı DNA'ları bulaştıkları hücrelere taşıyan virüslerle ilgiliydi ve buna *transdüksiyon* denmekteydi. İki keşif de Joshua Lederberg isimli parlak ve genç biliminsanın çevresinden gelmişti.

Lederberg eşlenme olarak adlandırdığı fenomeni tespit ettiğinde, Yale Üniversitesi'nin laboratuvarlarından birinde çalışan 20 bir yaşında, henüz doktorası olmayan ve Columbia Tıp Okulu'ndan geçici izinle oraya gelmiş bir araştırmacıydı. Uzmanlık alanı bakteriyel genetik olan mikrobiyolog Edward L. Tatum'dan, her ikisinin de ilgisini çeken şu sorunun peşinden koşmak için bakteri kültürleri ve danışmanlık vermesini istemişti: Bakteriler bir tür genetik alışveriş yaptılar mı? Yapmadıysa, değişen ortamlar içinde evrim geçirmelerini sağlayan çeşitliliği ve yönlendirilebilirliği nereden almışlardı? Gen alışverişi yaptılarsa, *nasıl olmuştu*? Genetik alışveriş, en azından çok-hücreli yaratıklarda çoğu kez cinsiyete [eşeye] işaret eder. Bakterilerin basit bölünümle, yani bir hücrenin ikiye ayrılmasıyla üreyen eşeysiz [cinsiyetsiz] canlılar oldukları düşünülüyordu. Yeni genler kazanma, gen kombinasyonlarını yeniden düzenleme ve yeni koşullara uyum sağlama fırsatı nereden geliyordu? Lederberg, Oswald Avery'nin şu keşfi karşısında büyülenmişti: Ölü bir bakteriden alınan çıplak DNA'nın canlı bir bakteri tarafından alınması. Canlı bakteriler arasında buna benzer bir şey olmuş muydu acaba?

Tatum'un akıl hocalığıyla *Escherichia coli* bakterileri üzerine çalışan ve kendi başına düzenlediği ustalıkla bir deney tasarımıyla hareket eden Lederberg, bir yıl içinde kendi keşfini yaptı: Evet, canlı bakteriler de gen alışverişi yapıyorlardı. Bunun gerçekleştiğini görmemişti, fakat çıkarım yaparak ispatlamıştı. Sözelimi kullanışlı *A* geni ve dezavantajlı *B* geni olan bir *E. coli* türünü alalım. Bu türü, *A* geninin dezavantajlı versiyonunu (buna *a* deyin) ve *B* geninin yararlı versiyonunu (buna da *b* deyin) taşıyan başka bir türle aynı kültüre koyun. Bu durumda Lederberg, bakteriler koşulları en iyi şekilde değerlendireceğinden –bazıları gelişecek, bazıları gelişmeyecek–,

faydalı genlerin ikisini de, yani hem A' 'yı hem de b' 'yi taşıyan yeni bir tür oluşacağını bulmuştu. Havalı bir teknikle gen transplantasyonu yapmasına gerek olmamıştı. Bakteriler bunu kendi başlarına halletmişlerdi. Genler yatay olarak daha uyumlu bir bileşim yaratacak şekilde takas edilmişti.

Tatum'un eşyazarı olduğu kısa makalede şöyle yazıyordu: “Bu çeşitli genlerin yeniden birleşme fırsatı yakalayabilmeleri için, hücre füzyonu gereklidir.”²⁴² Yeniden birleşme, genlerin yeniden düzenlenmesi veya değiş tokuş edilmesi anlamına geliyordu. Hücre füzyonu ise geçici bir kucaklaşmaydı. Kısa –şipşak– ama genlerin aktarılmasına yetecek kadar uzun olabilirdi. Bu çok nadir bir olay olduğundan, yeniden birleşmiş genoma “sadece milyonda bir hücre” kavuşabildiğinden, Lederberg bu etkiyi sayısız denemede tekrar etmişti. “Bu deneyler *Escherichia coli* bakterisinde eşeyli bir sürecin yaşandığına işaret etmektedir.” Makalesi *Nature*'da yayımlandığında henüz 22. yaş günü gelmemişti. Yani erkenden sağlam yol kat etmişti, fakat 33 yaşına gelinceye dek Nobel Ödülü'nü alamayacaktı.

Lederberg bir hahamın üç oğlundan en büyüğü olarak New York'ta büyüdü. Bilim tarihi ve mikrobiyoloji kitaplarını adeta yutan, büyüüp de küçülmüş bir çocuktur. Bar mitzvah* hediyesi olarak *Introduction to Physiological Chemistry* [Fizyolojik Kimyaya Giriş] adlı ders kitabını almıştı ve 16 yaşında Columbia Koleji'ne gitti. Üç yıllık öğrencilikten sonra ve savaş sırasında Long Island'da ABD donanmasının hastanesinde klinik patoloji çalışmaları yapmasına rağmen, tıp okulu için hazırды. Öğretimine başlamış ve ardından New Haven'da Tatum'la ara vermişti. Bu kısa ama verimli bir dönemdi. Yaptığı keşfin gücü sayesinde Yale geriye dönük bir değerlendirmeye onun mezun olduğuna karar vermiş ve mütevazı bir ek çalışmadan sonra ona doktorasını takdim etmişti. Columbia'ya geri dönüp tıp eğitimini bitirmek için bavulunu toplayamadan, Wisconsin Üniversitesi kendisine Genetik Bölümü'nde asistan profesörlük teklifinde bulundu. Çocukluğundan bu yana Lederberg, tıbbi araştırmalarda kariyer yapmaya, Pasteur ve Koch'un geleneği içinde acil ve klinik

gizemlere çözüm getirmeye yönlendirilmişti, fakat şimdi kendisini lisans öğrencilerine ders verip rehberlik etmesi ve araştırmalar yapması için maaş aldığı bir bakteriyel genetikçi olarak bulmuştu.

İlk mezunları arasında New York'tan gelmiş bir diğer fevkalade genç Norton Zinder vardı. Zinder Columbia'yı üç yılda bitirmiş ve ardından Ortabatı'ya gelmişti. Zinder Lederberg'in Tatum'la yaptığı şeyi devam ettirerek Madison'da çalışmaya başladı. Bu yeni asistan profesör olmuş birinin yeni laboratuvarında, yeni bir doktora öğrencisi için çok doğaldı. Görevi farklı bir bakteride, *Escherichia coli*'de değil de karahumma ve gıda zehirlenmesine yol açan bakteriyle aynı cinsten olan *Salmonella typhimurium*'da eşlenmeler bulmaktı. Zinder mutant türlerden birini diğerinden ayırt etmek için penisilin kullanıyordu. Pensilin hücre kültürüne sokulduğunda, hareketsizce duran mutant türlerini değil de sadece büyüyen mutant türlerini yok ettiği için bu işe yarayan bir süreçti. Lederberg'in çoktan gösterdiği gibi mutant türlerini ayırmak, bu türlerin genleri nasıl değiş tokuş ettiğini öğrenmek için atılmış hayati bir adımdı. Fakat *Salmonella* kültürlerinde Zinder, eşlenmenin hiçbir izine rastlamamıştı. Bunun yerine farklı bir genetik alışverişin yaşandığını tespit etmişti. Zinder'in açıklayabildiği kadarıyla bu yeni tarzda, DNA'nın sadece tekil bir genetik özelliğe karşılık gelebilecek küçük bir kesiti aktarılmaktaydı. Dahası verici bakteri asla alıcı bakteriyle temasa girmiyordu – şipşak bir birlikteliği bırakın ufak bir öpücük dahi olmuyordu. Adeta karşılıklı birbirine bakan balkonlardaki âşıklar gibiydiler. DNA'yı taşıyan şey her neyse öyle küçüktü ki, hassas seramik filtrelerden (bu balkonlar arasındaki boşluktan işte) dahi geçebiliyordu. Oysa bu filtreler bakterilerin geçmesine izin vermeyecek kadar hassastı. Zinder filtreden geçen etkin maddenin, belli ki bir bakteriden bazı genetik materyalleri alıp diğerine taşıyan bir virüs olduğunu fark etti – başka hiçbir biyolojik yapı bu denli küçük olamayacağından virüs olmalıydı. Bu eşlenmeden öyle farklıydı ki, Zinder ve Lederberg çalışmalarını yayımladıklarında bu sürece ayrı bir isim verdiler: Transdüksiyon.

Hemen hemen aynı zamanlarda, Lederberg'in kendisi gibi bakteriyel genetikçi olan eşi Esther, yatay gen transferi hakkında başka bir önemli keşif yaptı. Hazırda tutulan eski *E. coli* üzerinde yaptığı

deneylerle, tek tek çeşitli bakteriler arasında, onların “çiftleşmesi”ne yani eşlenmeyle genetik materyalleri değiş tokuş etmelerine izin veren veya vermeyen bir “cinsel uyum” ve uyumsuzluk sisteminin olduğunu tespit etti.²⁴³ Bulgular yine çıkarımsaldı. Başta Esther Lederberg, sadece gizemli bir parçacığın veya adına doğurganlığa* karşılık gelecek şekilde F dediği bir tür etmenin bu uyumu belirlediğini söyleyebiliyordu. Eğer bir bakteri F etmenine sahipse (yani F+ olarak adlandırılan bir koşula sahipse) ve diğerinde bu yoksa (F-), evet, bu ikisi işi pişirebilirlerdi ama sadece birinden gen aktarımı gerçekleşebilirdi. Eğer ikisinde de bu etmen varsa (ikisi de F+), ikisi de eşlenebilirdi. İkisinin de F’si yoksa (her şeyden habersiz ve saf bir çift F-bakir), hayır, çiftleşmeye uygun değillerdi. Bakteriyel dinamikler ve genlerin görünmez dünyada akışı üzerine taze bir görüştü. Fakat dahası vardı.

Esther Lederberg, çiftleşmeyi başlatma yetisi bahşeden bu tuhaf F faktörünün, ona sahip olmayan bir bakteri tarafından elde edilebileceğini bulmuştu. Nasıl mı? Az önce bahsettiğim farklı bir mekanizmayla: Transdüksiyon. Yani bir virüsün taşımasıyla. Bu mikroplar arasında DNA’nın taşınması için çift zamanlı bir süreç olarak işlev oynayan, iki tür yatay gen transferinin baş döndürücü bir birleşimiydi. Derin bir nefes alın ve ben şunu tekrar söylerken şaşkınlığınızla birlikte gevşeyin: F faktörünün (her neyse) virüs yoluyla bir bakteriden diğerine taşınması, ikinci bakteriye diğer bakterilerle çiftleşme becerisi vermişti. F- bakteri F+ olmuştu. Bir bakire oyuncuya dönüşmüştü.

Ama bekleyin. Burada duralım ve “seks”in burada bakterilerin yaptığı şeyi anlatmak için kullanılan bir metafordan ibaret olduğunu hatırlayalım. Bazı yerlerde çok uygun düşmekte ama başka yerlerde böyle olmamaktadır. Lederberg’ler çalışmalarında sık sık bakteriyel seksten bahsederek terimi kelime anlamıyla kullanma eğilimindeydiler fakat diğer biyologlar en önemli ayrım noktalarına işaret ederek itiraz ediyorlardı. Bakteriyel “seks”, her biri bütün genomun yarım payını taşıyan iki gametin, yumurtanın ve spermin

birleşmesini içermiyordu. Dahası yeniden üremeyele sonuçlanmıyordu. Bakteriler soylarını çiftleşerek değil bölünerek üretiyordu. Eşlenmenin net sonucu, evrimsel mücadelede genelde faydalı olan genetik bir yeniden birleşmedir –karışımdır– fakat eşlenmenin kendisi bebek üretmiyordu.

Hepsi kulağa tuhaf geliyor çünkü *cidden* tuhaf. Esther Lederberg alışılmadık keşfini, eşi ve bir başka eşyazarın katkısıyla yayımlamıştı. Makalesinin sonlarına doğru, laf arasında, aralarındaki eşlenme becerisini *E. coli*'ye başka türde bir “bulaşıcı kalıtsal faktör”ün verdiğini söylüyorlardı.²⁴⁴ Bir ay önce tek başına bir makale yayımlamış olan eşi, benzer bir şekilde “bulaşıcı kalıtım”ı ima etmekteydi.²⁴⁵ Nasıl eşlenme seksiyse, transdüksiyon da bulaşıcıydı. Dahası terimin kulakta kalan bir çınlaması vardı.

Norton Zinder doktorasını Wisconsin’de aldı ve 1952 yılında New York’a, Oswald Avery’nin çalıştığı Rockefeller Enstitüsü’ne asistan profesör olarak geri döndü. Bir yıl sonra tüm bu kafa karıştırıcı mesele üzerine, yani bakteriler arasındaki gen transferi hakkında genel bir yazı yayımladı. Konuyu aydınlatıp toparlamak istiyordu. Zinder üç tür yatay kalıtım şeklinin olduğunu açıklıyordu. İlki Tatum’un Zinder’a akıl hocalığı yapmış Joshua Lederberg’le keşfettiği gibi eşlenmeydi. İkincisi, Griffith’in keşfettiği ve Avery ekibinin aydınlattığı dönüşümdü. Üçüncüsü ise kendisi (övünmese de) ve Lederberg’in keşfettiği transdüksiyondu. Eşlenme sekse benziyordu. Fakat diğer ikisi farklıydı. Lederberg ekibinin laf arasında belirttiği gibi enfeksiyona benzeyen süreçler içermekteydi. Bu diğer iki süreç kendi tanımlayıcı kategorilerine, kendi metaforlarına sahip olmayı hak ediyorlardı. Lederberg’in ifadesini tutan Zinder bunlara bulaşıcı kalıtım demişti.

Bakteriler, bakteriler. Bakteriyel seks. Bakteriyel dönüşüm. Ölü bakteriler, canlı bakteriler, tehlikeli olanlar, zararsız olanlar. Bakteriyel DNA. İnsan tüm bu yatay gen transferi meselesinin sadece bakterilere *ait*, bakterilerin *yaptığı* ve bakteriler *için* olduğu izlenimine kapılabilir.

Fakat bu izlenim ancak, 1950'li ve 1960'lı yıllarda Tokyo'daki Keio Üniversitesi'nde bakteriyolog olarak çalışmış Tsutomu Watanabe'nin çalışmalarıyla karşılaşınca dek sürebilir. 1963'te Watanabe akranı biliminsanlarını, yeni bakteriyel keşiflerin insanlarla ilgili acil içerimlerinden birine karşı uyardı: Bakteriler arasında çeşitli antibiyotiklere gösterilen direnç yatay olarak yayılmaktaydı. Eşlenmeyle gerçekleşiyor olabilirdi. Transdüksiyonla da olabilirdi. Âni bir sıçramayla da yaşanıyor olabilirdi. Neticede vahim bir soruna dönüşmüştü. Dahası bu sorun çeşitli antibiyotiklerin büyük miktarlarda kullanıldığı hastanelerde ciddi bir boyuttaydı. Halihazırda hasta olan insanlara bulaşan dirençli bakteriyel türler için seçiliyorlardı. Dünya Sağlık Örgütü bugün antibiyotik direncini, 21. yüzyılda kü-

resel sağlığı riske atan en büyük tehditlerden biri olarak görmektedir. Watanabe bunun geldiğini görmüştü. Bu direncin neden bu denli hızlı ve geniş bir boyuta yayılacağını kavramıştı. Zinder ve Lederberg'lerin terminolojisini benimseyen Watanabe bunu, “bulaşıcı kalıtım”ın bir örneği” olarak adlandırmıştı.²⁴⁶

Antibiyotik direnci hemen İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, Japonya'da ve dünya genelinde çoktan ciddi ve büyüyen bir soruna dönüşmüştü. İnsanlar tekrar, büyük antibiyotik devriminin evcilleştirilmesi beklenen basilli dizanteri gibi hastalıklar yüzünden ölüyorlardı. İlk sulfa ilaçları 1930'ların sonunda kullanıma sokulmuştu ve hemen dirençli bakteriyel türlerle ilgili raporlar gelmişti. Penisilin 1928'de keşfedildi ve 1942 itibarıyla insanların kullanması için geliştirildi. Başlarda çeşitli türden *Staphylococcus*'lara karşı çok güçlü bir silahtı. Fakat 1955'te başta hastaneler olmak üzere, Sydney'den Seattle'a stafilokokun penisiline dirençli türleri baş gösterdi. 1959'da metisilin kullanılabilir hale geldi. Bu pensiline direnç kazanmış stafilokok türlerine (özellikle *Staphylococcus aureus*) bir yanıt olarak çok değer görmüştü. Fakat kısa süre sonra hızla metisilin dirençli olanlar da yayılmaya başladı. Bu sebeple 1972'de metisilin dirençli *Staphylococcus aureus* (bugün MRSA ismiyle kötü bir şöhrete sahiptir) İngiltere, Amerika Birleşik Devletleri, Polonya, Etiyopya, Hindistan ve Vietnam için bir kaygı unsuruydu. Nitekim 21. yüzyılın başları itibarıyla, MRSA her yıl AIDS'ten daha fazla Amerikalının ölümüne yol açmaktaydı. Hastanelerde MRSA aktarımının azaltılmasında bazı başarılar elde edilmesine rağmen, son hesaplamalara göre rakamlar hâlâ kötüydü: Her yıl Amerika Birleşik Devletleri'nde 23.000'i aşkın ölüm ve küresel ölçekte 700.000 kişinin hayatını kaybetmesi, durdurulamayan bakteri türlerinin enfeksiyonuyla yaşanmaktadır.

Bu acımasız ve maliyetli eğilimi güçlendiren şey sadece antibiyotik kullanımı değil, ahmakça veya gereksiz sebeplerle pervasız bir şekilde *aşırı kullanılmalarıdır*. Doktorlar örneğin, viral bir enfeksiyonu iyileştireceğine inanmak isteyen insanlar için antibiyotikler yazarak hastalara kötü de olsa istediklerini vermektedirler. (Antibiyotikler sadece bakterileri hedef alırlar ve virüsler üzerinde sıfır etkileri vardır. Garaj yolunuzdaki çerçöpü farlarınızı yakarak süpürmeye

çalışmaktan farksızdır.) Diğer etken faktör zirai kullanımlarıdır: Bir şekilde büyüme oranlarını artırdıkları için yetiştirilen çiftlik hayvanlarına düşük dozda antibiyotik verilmesi. Amerika Birleşik Devletleri'nde son yıl, çiftlik hayvanlarında kullanılmak üzere 32 milyon pound'dan fazla antibiyotik satıldı ve bunların çoğu, tek tek hayvanlar hasta olsa da olmasa da büyümeyi arttırmak ve yem-hayvan nüfusunun önleyici dozajı için kullanıldı. Küresel ölçekte besi hayvanlarının toplam antimikrobiyal –yani bakterilerin yanı sıra tehlikeli mikrobik mantarlara karşı da kullanılan ilaçlar– tüketimi kabaca 126 milyon sterlin kadardır. Çin, Amerika Birleşik Devletleri'nden bile daha fazla kullanılmaktadır ve Brezilya üçüncü sıradadır. Bu yekûnun çoğu sığırlara, tavuklara ve domuzlara gitmektedir. Önemli bir kesitin içinde, beşeri tıp için de önemli olan ilaçlar vardır.

Yani dış dünyada, bakterileri direniş geliştirmeye veya ölmeye zorlayan muazzam büyüklükte bir evrimsel baskı vardır. Fakat eğilimin en ürkütücü yönleri direncin nasıl bu kadar hızlı bir şekilde yayıldığı ve kaç farklı bakteri türünün birden fazla direnç geliştirdiğiydi. Yani sadece tek bir antibiyotiğe karşı değil farklı türden koca bir cephaneye karşı direnç geliştirmekteydiler. Çoklu direnç tehlikesi, reçeteye hangi antibiyotik yazılırsa yazılsın, üzerine hangi farmasötikal* ilaçla gidilirse gidilsin, bakterinin kişinin etini, kanını veya bağırsaklarını yemeye devam etmesi ve bazen ölümüne yol açması demekti. Elbette bakteri türü bu esnada başka kurbanlara bulaşmayı başarmışsa, hastanın ölümü onun için çıkmaz sokak olmamaktaydı. Dahası 1940'lı ve 1950'li yıllarda olduğu gibi, şu veya bu bakteri türünün tüm ilaçlara karşı hızla direnç göstermesi, her vakada birbirinden bağımsız gerçekleşen Darwin'ci ağır mutasyon süreçleriyle, doğal seçilimle ve olağan kalıtımla açıklanamayan bir fenomendi. Sürecin içinde muhakkak Darwin'ci seçim de vardı fakat seçim sadece çeşitlilik üzerinde hareket edebiliyordu: Yani bir bireyle diğeri arasındaki genetik farklılıklardan biri seçiliyordu. Çeşitliliğin kaynağı neydi? Tek başına mutasyon bu kadar çok ve farklı organizmada, bu denli hızlı bir şekilde sayısız yeni genin oluşumunu açıkla-

yamıyordu. Başka bir şey olmalıydı. Farklı bakteri türleri arasında bile hızlı ve yatay hareket eden bir şeyler. Tsutomu Watanabe farklı bir açıklama bulmuştu ve kendisiyle Japon meslektaşlarının çalışmalarıyla hareketle ilk kez bunları İngilizce aktarmıştı.

Japonların çalışmaları İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, kanlı ishal ve diğer belirtilere yol açan bir bağırsak rahatsızlığı olan dizanteri vakalarındaki artışa yanıt olarak başladı. Savaş sonrasında açığa çıkan yoksulluk, insanların yerlerinden olması, sıhhi ve sağlık hizmetlerinin bozulması muhtemelen sorunu daha da ağırlaştırmıştı fakat en yakın sebebi *Shigella dysenteriae* adlı bakteriydi. Başta tercih edilen tedavi çeşitli sulfa ilaçlarının kullanımını içermekti fakat *Shigella* türleri kısa sürede bu sulfalara direnç göstermeye başladı. Bunun üzerine tıp insanları streptomisin ve tetrasiklin gibi daha yeni antibiyotiklere yöneldiler. 1953'te *Shigella* türleri bunların ikisine de direnç gösterir oldu. Fakat her bakteri türü sadece tek bir ilaca dirençliydi. Hâlâ diğerleriyle durdurulabiliyorlardı. Daha sonra 1955'te, Japon bir kadın Hong Kong'dan dizanteri hastalığıyla geri döndü ve dışkılarındaki *Shigella*'nın birden çok antibiyotiğe dirençli olduğu görüldü. Bu noktadan sonra direnç şoke edici bir hızla yayıldı ve 1950'lerin sonlarında Japonya şu dört antibiyotik türüne dirençli *Shigella* bakterilerinin yol açtığı dizanteri salgınlarının dalgası altında kaldı: sulfalar, streptomisin, tetrasiklin ve kloramfenikol. Bu türler çoklu direnci böyle hızlı bir şekilde sadece artan mutasyonlarla mı, yani A, S, G veya T'nin bir kez yanlış yere konmasıyla mı elde etmişlerdi? Bunun ihtimali o denli düşüktü ki, kâğıt üzerinde gösterilmesi için virgülden sonra 27 sıfır koymanız gerekiyordu. Peki durum bu değilse, ne oluyordu?

Araştırmacılar bu fenomenin *Shigella* ile sınırlı olmadığını keşfedince alarm çanları daha da güçlü çalmaya başladı. Dirençli *Shigella* ile hasta olmuş kişilerden alınan bazı *Escherichia coli* kültürleri, aynı ilaçlara direnç göstermekteydi. *E. coli* de aynı dirençleri paylaşıyordu. Belli ki bir dolu dirençli gen, hastaların bağırsaklarında yatay hareketle bir bakteri türünden diğerine geçmişti. Bunun üzerine Japon araştırmacılarından oluşan iki ekip bu fenomeni laboratuvarlarında tekrar üretip, şişeler veya tabaklarda beraber kültürlenilen bakteri

türleri arasında benzer transferlerin olduğunu göstermişler ve eşlenme yoluyla çoklu direnç kapasitesinin aktarıldığı sonucuna varmışlardı. Evet, sadece ufak bir DNA parçası değil büyük bir gen paketi diğer tarafa yollanmıştı. Dahası alışveriş *Shigella* ve *Escherichia*'yla sınırlı değildi. Sonraki araştırmalar paketin diğer türler arasındaki sınırları geçebildiğini, hatta bir cinsten diğerine de aktarılabilirdiğini gösterdi. İnsanların karınlarında yaşayan koca bir bakteri familyasının, bağırsak kökenli bakterilerin hemen hemen her grubu arasında bu aktarımların yaşandığını kanıtladılar.

Sınırları bu denli rahatlıkla aşabilen bu gen paketi tam olarak neydi? Watanabe ve Toshio Fukasawa adlı bir meslektaş, daha önceki çalışmalarında bir hipotez ortaya atmışlardı: Bu bir *epizom*, yani bakteri hücresinde serbestçe dolaşan, hücrenin tekil dairesel kromozomuyla bağlantısı olmayan bir tür özerk bir genetik elementti. Epizom olağanüstü şekilde bencil DNA'dır. Hücrenin oluşması ve işlem yürütmesi için mutlak surette zorunlu olanın dışında ekstra bilgiler taşır. Acil durumlarda yararlı olabilecek özellikleri kodlar. Birden fazla gende tutunabilir, hücre içinde sayısız kopyası olabilir, kendisini kromozomlardan bağımsız bir şekilde kopyalayabilir ve eşlenme sırasında bir kopyasını başka hücrelere gönderebilir. Değişen koşullar nedeniyle genlerine ihtiyaç duyulmadığında bir bakteri türünde tamamen kaybolabilir. Sonrasında koşullar yeniden değişirse diğer türlerden bunları geri kazanabilir. Vay canına: Çok hareketli DNA'lar. Keşfettiği an fark edememiş olsa da Esther Lederberg'in F faktörü böyle bir epizomdu. 1958'e kadar ortada böyle bir kavram yoktu. Fakat Watanabe 1963'te, Fukasawa ve kendisinin Japoncada çoktan söylediği bir şeyi bilim dünyasına ilan ediyordu: Streptomisin ve diğer üç antibiyotige gösterilen çoklu direnç bir epizomda kodlanmıştı. Epizoma bir de isim vermişlerdi: Direnç* transferi faktörü. Esther Lederberg'in F faktörüne paralel bir şekilde, kısaca R faktörü olarak bilinir oldu.

Bu R faktörü eşlenmeyle taşınabiliyordu. Transdüksiyonla da taşınabiliyordu (en azından laboratuvar deneylerinde). Sıradan *Esche-*

richia coli gibi zararsız bakterilerin nasıl çoklu antibiyotik direnci veren genleri, türsel sınırları aşarak *Shigella dysenteriae* gibi tehlikeli bakterilere göz açıp kapayıncaya dek geçirebildiğini açıklıyordu. Tıbbi önemi Watanabe'nin kalemiyle “bugün için Japonya ile sınırlı”ydı fakat R faktörü ve buna benzer epizomlar “gelecekte ciddi ve dünya geneline yayılacak bir soruna dönüşebilir”di.²⁴⁷ Bu ileri görüşlü ve abartısız bir ifadeydi.

Watanabe'nin yayınları sayesinde Japonya'daki keşiflerin haberi yayıldı ama bu yayılma bakteriyel direncinkine kadar hızlı ve geniş bir düzlemde olmadı. Şayet *Bacteriological Review* dergisini okumuyorsanız veya öğle yemeklerini bakteriyel genetikçilerle yemiyorsanız, muhtemelen 1960'ların başında, yatay gen transferinin bu sorunu yerkürenin geneline yaydığından habersizsiniz.

Stuart B. Levy isimli genç bir Amerikalı bu gelişmeden, o dönemde tıp fakültesinden aldığı izinle Paris'teki Pasteur Enstitüsü'nde aldığı araştırma bursuyla çalışma yürütürken haberdar olmuştu. Pasteur'deki Japon araştırmacılardan biri, çoklu ilaç direnci hakkında gayriresmi bir konuşma yapmış, vatandaşlarının öğrendiklerini tarif etmişti ve Levy bunun üzerine onun yanına gitmişti. Levy çalışma karşısında büyülenmişti ve özellikle Tsutomu Watanabe'ye büyük ilgi duymaya başlamıştı. Takano isimli Japon meslektaşları Watanabe'yi iyi tanıyordu. Watanabe Tokyo'nun Minato Semti'nde bulunan Keio Üniversitesi'nde idi ve üniversite Takano'nun kendi çalışmalarından bazılarını ev sahipliği yapmıştı. "İstiyorsan senin için ona bir mektup yazarım," dedi Takano. Bu bir davete kapı araladı ve

Levy birkaç ay Watanabe'nin laboratuvarında çalışabilmek için tıp fakültesinden başka bir izin kopardı. Şekillendirici bir deneyimdi.

Tıp doktoru Stuart Levy, bugünlerde Tufts Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde bir profesör ve antibiyotiklerin kullanımı, aşırı kullanılması, direnci konusunda uluslararası alanda tanınan bir otorite. Saha çalışmalarında ve konferanslarda çekilmiş fotoğraflar onu, büyük kara bıyığıyla ve iş bittiğinde gülümseyip rahatlamayı bilen tavriyla havalı bir genç adam olarak göstermektedir. İkiz kardeşi Jay de bir tıp araştırmacısı. Laboratuvarları AIDS'e sebep olan virüsü ilk kez yalıtmış üç biliminsanından biridir. Stuart 1984'te Alliance for the Prudent Use of Antibiotics'in* (APUA) eş kurucularından biri oldu ve hâlâ başkanlığını yürütmekte. Ayrıca farklı uluslardan üyeleriyle devasa ve saygıdeğer bir örgüt olan Amerikan Mikrobiyoloji Topluluğu'nun da başkanlığını yapmış biri. Kendisini Boston'daki Çin Mahallesi'nin hemen dışında bulunan kasvetli binanın sekizinci katındaki ofisinde ziyaret ettiğimde Watanabe'yle ilgili anılarından konuştuk. O günlerde Dr. Levy 70'li yaşlarının ortasıydı. Temiz tıraşlı bir yüzü, seyren saçları ve ılıman, samimi gülümsemesinin üzerinde, derine kaçmış çukurları içinde üzgün bakan kahverengi gözleri vardı. 60'lı yılların başında Paris ve Tokyo'dan bu yana çok şey görmüştü.

Watanabe'yle geçirdiği zamanları şöyle anlatıyordu: "Klimaların olmadığı bir laboratuvar da çalışıyorduk. Çok ama çok sıcaktı. Sıcak ve nemli." Levy'nin laboratuvar tezgâhı üst kattaydı. Eğilip aşağıya bakığında ve göz gezdirdiğinde Profesör Watanabe'in sıvanmış kollarıyla deneyler yaptığını görebiliyordu, "çünkü çok sıcak"tı. Zaman zaman birileri bir hortum getirip profesörü serinletmek için ona su sıkıyorlardı. Ufak tefek bir adamdı, Levy'den üç-beş santim daha kısaydı, mükemmel bir İngilizcesi vardı ve öğrencileriyle post-doktoralılara karşı yalın, düz bir tavrı vardı. Genç meslektaşlarıyla Minato sokaklarında bisikletle gezinir ve içlerinden üçünü veya dördünü Levy'nin hatırladığı kadarıyla karaoke akşamları için bara götürürdü. "İngilizce şarkılar söyledik ve o şarkının sözlerini okuyarak bizi yönlendirirdi. Ve bunlar..." Levy bir an durup, beni ka-

famda kollarını sallayıp keyifle sıçrayan topu takip eden ve Roy Orbison veya Honeycombs'dan bir şeyler mırıldanan profesörün resmiyle baş başa bıraktı. "... İnanılmaz anlardı." Birkaç yıl sonra bilimsel bir toplantı için Philadelphia'ya yaptığı ziyarette, Watanabe Levy'nin Delaware, Wilmington yakınlarında oturan anne babasıyla kalmıştı. "Watanabe'nin gelmesi beni çok sevindirmişti," diyordu Levy. "Çünkü tuhaf bir şekilde ona tapıyordum." Hayat dolu bir akıl hocas, odaklanmış ve onurlu bir Japon biliminsanıydı. Acaba ona ne olmuştu? Merak ediyordum.

"Mide kanserinden öldü," dedi Levy. "Muhtemelen 40'larının sonu, 50'lilerinin başındaydı."

Ancak bundan önce, Levy direnç faktörleri hakkında Watanabe'yle birlikte birkaç makale yazmıştı. "Biri Japoncaydı," diye hatırlıyordu Levy. "Ne yazdığını sormayın." Öyle deyince sormadım. Nitekim makale hiç tercüme edilmemişti ve İngilizce başlığı, bakterilerin DNA'larını kopyalamalarını engelleyerek dirençli enfeksiyonlarla mücadele etmenin olası yollarını sorguladığına işaret etmekteydi. Levy o dönemde Amerika Birleşik Devletleri'ne dönmüş ve tip çalışmalarına kaldığı yerden devam etmişti. Bakteriyel dirençle ilgili araştırmaları, bazı klinik pratikler ve bir misyon duygusuyla birleştiren bir kariyere yönünü çevirmişti. Yayınlar, seminerler ve APUA ile takip ettirdiği misyonu, savunmacı tedaviler tasarlayarak ve gereksiz antimikrobiyal fazlalığının kapsamıyla sonuçları hakkında farkındalık yaratarak dirençli bakterilere karşı dünyayı korumaktı.

Araştırmalarında Levy özellikle tetrasiklin direnci üzerine odaklanmıştı ve 1970'lerin ortasında bu direncin kümes hayvanlarındaki bağırsak bakterilerinden insanlardaki bağırsak bakterilerine nasıl aktarılabilirceğini gösteren öncü bir çalışmanın başındaydı. *New England Journal of Magazine*'nde yayımlanan bu çalışma, tavuklar tetrasiklinli yemlerle beslendiğinde kuşlardaki bağırsak bakterilerinin bir hafta içinde antibiyotiğe karşı direnç kazandığını göstermekteydi. Daha beklenmedik ve kaygı verici olan, birkaç ay içinde aynı sahadaki tarım işçilerinin bağırsaklarındaki bakterilerde de aynı direncin görülmesiydi. İlk tarım çalışmalarından kısa süre sonra, Levy'nin laboratuvarı bu dirençli bakterilerin tetrasiklinden nasıl

kaçındıklarını da keşfetmişti: Bir tür dışarıya sızma mekanizmasıyla, onu hücre duvarından dışarıya pompalayarak yapıyorlardı. Bu mekanizma bazen yatay düzlemde yolculuk yapan, tetrasiklinden kaçınmaya yarayan genin dışında diğer antibiyotiklere direnç veren başka genleri de içinde taşıyan bir epizom (bu dönemde *epizom* sözcüğünün yerine eşanlamlısı *plazmid* konmuştu) üzerinde, tek bir genle kodlanmıştı. O günden beri bilinen ismiyle plazmid, bazen bilezik gibi dairesel şekilde olan, hücre içinde kromozomdan bağımsız bir şekilde var olup çoğalan kısa bir DNA uzantısıdır. Bu bağımsızlık diğer hücrelere yatay aktarımını kolaylaştırmakta ve tetrasikline karşı kullanılan dışarıya akma mekanizmasının bir bakteriden diğerine ve legornlardan* insanların karınlarına nasıl bu kadar hızlı bir şekilde geçtiğini açıklamakta yardımcı olmaktadır.

Levy'nin araştırmaları, kaygıları dile getirmede oynadığı öncü rolüyle benzer şekilde devam etti ve 1992'de *The Antibiotic Paradox* [Antibiyotik Paradoksu] adlı bir kitap yayımladı. Paradoks, 20. yüzyılın büyük bölümü boyunca insanların yaşamlarını iyileştiren ve uzatan ilaçların yani antibiyotiklerin bakteriyel düşmanlarımızı çok daha korkunç ve zorlu hale getirmesiydi. Kitap 2002'de güncellendi. Önsözünde şunları söylüyordu:

“40 yıl önce aktarılabilen R faktörlerinin keşfi, mikrobiyologların ve tıpçıların gözlerini, gen yayılımının genişliğine daha önce hayal edilemeyecek şekilde açtı. Genetik ve evrimsel açıdan direnç genlerinin aktarımı bakteriyel türler arasında, bir atla inek arasından alabildiğine farklı bir şekilde gerçekleşebilmektedir.”²⁴⁸

Levy, bu keşiflerin içerimleri konusunda henüz tam bir farkındalığa ulaşılmadığını ekliyordu fakat yatay gen transferiyle antibiyotik direncin gezegenin her yerine yayılacağını önceden görmüşlerdi.

Çıplak gözle görülemeyen ama nerdeyse her yere yayılmış olan –cildimizde, bağırsaklarımızda, çevremizde ve bildiğimiz kadarıyla yaşam tarihinin tüm dönemlerinde– bakterilerle ilgili bunca konuşma, bende bazılarını görme isteği uyandırmıştı. Bakterilerden çıkarılan gen dizilimleri ve bakteriyel dinamikler üzerine yazılmış dergi makalelerinin hepsi gayet iyiydi fakat maddi varlıklarına bakış atmak için yanıp tutuşuyordum. Bunun üzerine uçakla Londra'ya gittim ve ihtiyat amacıyla güneybatı İngiltere'deki Salisbury kentine yakın Wiltshire kırsalında, inişli yokuşlu çayırın ve anız tarlalarının ortasına dikilmiş yüksek güvenli bilim yerleşkesi Porton Down'la irtibata geçtim. Orada uzun tel örgülerin arkasında, Public Health England* adı verilen bir kuruluşun gözetimi altında hücre dizilerinin ve mikropların muhafaza edildiği dört büyük depolama yerinden biri, National Collection of Type Cultures (NCTC) bulunmaktaydı. Tıbbi araştırmalar için hücre dizilerinin ve bulaşıcı virüslerle man-

tarların tutulduğu diğer üç alan, ülkenin başka yerlerine konulmuştu. NCTC Porton Down'daki esas sahasıyla bakterilere ayrılmıştı.

Gülyeryüzlü irtibat sorumlusu Isobel Atkin kabul edilmem için gerekli düzenlemeleri yaptığından güvenlik kapısından sorunsuzca geçtim. Güvenli görüş alanının içinde Dickens döneminden kalma ayakkabı fabrikalarına benzeyen uzun, sert ve kırmızı tuğlalardan yapılma bir binayla alanı etkili kullanmak için bazıları ikili şekilde istiflenmiş bir dizi işlevsel, metal kutuları andıran modüler binalara rastladım. İçinde Atkin'e ve başkalarına ait masaların tikiş tikiş tek bir odada tutulduğu İletişim Ofisi, bu istifi yapılardan birinin ikinci katındaydı ve demir bir merdivenle ulaşılabilirdi. Dizinin uzak ucundaysa, resmi adıyla Bina 17 olarak anılan büyük bir metal kutu vardı. Resmîyetten daha uzak ismiyle, Ultra-Low Temperature Storage Facility (ULTSF)* yer aldığı Antrepo. Bakterilerin uyuduğu ve günümün çoğunu geçirdiğim yer işte orasıydı.

Bina 17 numuneler kadar kayıtların da saklandığı bir depo olarak özenli bir şekilde bölmelere ayrılmıştı ve içinden geçtikçe güvenli çevreleme, kriyojenik koruma ve Britanya tıp tarihi bölmelerinin derinlerine iniyordunuz. Atkin ve bana Culture Collections for Public Health England'ın** başındaki isim Julie Russell eşlik edmekteydi. Hemen içeride bölmeli ofislerin içinden geçmiş ve büyük bir gürültüyle kilitli bir kapıdan depolama alanı ULTSF'ye geçmiştik. Ve Tank Odası olarak bilinen ilk büyük kısmına adımımızı atmıştık. Bu düzinelerce dondurucu tankla dolu hangar tipi bir alandı. Mühürlü kapaklarla sıkıca kapatılmış, içlerinde yaklaşık -190 santigrat derecede soğutulan sıvı nitrojenin olduğu büyük çelik varillerdi bunlar. Her tankın içinde 25.000'e yakın ampul bulunmaktaydı. İçlerinde dondurulmuş bakterilerin olduğu bu mühürlü cam tüpler özenle kutulanmış, etiketlenmiş ve dizilmişlerdi. Bunlar çeşitli bakteriyel türlerin üretim numuneleriydi (içlerinde tıbbi önemi büyük birçok tür vardı). Başka tesislerde üretilip paketlenenler de, burada Porton Down'da bulunan tarihî türlerden alınıyordu. Dünyanın her

Çok Düşük Isılı Depolama Tesisi. (Ç.N.)

** İngiltere Kamu Sağlığı Kurulu Kültür Koleksiyonları. (Ç.N.)

yerinden araştırmacıların cuzi bir fiyatla kullanımına açtılar. (NCTC eskiden saygın laboratuvarlara talep üzerine bakteriyel numuneleri ücretsiz verirken, bugün numuneler maliyetleri makul bir düzeyde karşılamak için satılmaktadır ama genomik dizilim verileri yine ücretsiz verilmektedir.) Bu tür yaşayabilir numunelerin üretilmesi ve her tür bilimsel çalışma için erişilebilir kılınmaları NCTC'nin temel amaçlarından biridir. Bu özgün türlerin binanın derinliklerinde kendi depo odaları vardır ve bu açıdan uçak hangarlarından ziyade banka kasalarını andırmaktadırlar.

Etrafı gezdirmek üzere bizi iki personel karşıladı. ULTSF'nin denetmeni Steve Grigsby biçimli yüz hatları ve tokalaşırken menegene gibi sıktığı elleriyle, siyah boğazlı kazağıyla yaşlanan bir Daniel Craig gibi görünüyordu. Kıdemli buzlu depo teknisyeni Jodie Roberts ise depolama kadar bakteriyel evrimin ince ayrıntılarını da takdir eden, rengârenk atkuyruğu saçlarıyla genç ve zeki bir kadındı. Grigsby o odada kabaca bir milyon ampul bakterinin olduğunu söyledi. Roberts tanklardan birini açtı ve donmuş buharın yükselişini izledik. Grigsby bize tankların bir alarm sistemine bağlı olduğunu açıkladı. Eğer içlerinden birinde güç kesilir ve ısınmaya başlarsa (-153 santigrat derece veya üzeri gibi tehlikeli derecede yumuşak ve ılık bir noktaya gelirse), ikaz alarmı çalınıyor ve günün veya gecenin hangi saati olursa olsun onları oraya koşturuyordu. Oda'nın kendisi çalışan personel için ayrı bir alarm sistemine sahipti. Ortamdaki nitrojen seviyesi belli bir eşiğin üzerine çıkarsa, çalan diğer alarm odadakilere boğulmak üzere olduklarını söylüyordu. Pencere kendiliğinden açılıyor ve fanlar dışarıdan hava iletiyordu. Bana iyilik yapmak adına, Public Health England'ın elektriğini cömert bir şekilde kullanıp pencerelerin ve fanların nasıl çalıştığını gösterdi.

Tank Odası'nın ötesinde, Oda 17/11 olarak adlandırılmış kutsal yere açılan başka bir kapı vardı. Buraya girmek için özel bir kimlik kartı gerekiyordu (Atkin'inki kilidi açamıyordu). Bizi içeriye Jodie Roberts soktu. Isı 5 santigratın hemen altındaydı (aynı buzdolaplarınızdaki gibi 40 Fahrenheit civarındaydı). Tanklardan çok daha

ılık bir ortamdı ama bakteriler vakumlu ampullerde liyofilize edilmişse (dondurulup kurutulmuşsa) onları uzun süre muhafaza edecek soğukluktaydı. Tavan alçaktı ve soldaki duvara Britanya koleksiyonunun daha dikkat çekici numunelerine ev sahipliği yapan sekiz depolama dolabı dizilmişti. İçlerinde Oswald Avery'nin doğrudan dönüşüm fenomenini keşfettiği türden çekilip alınmış *Streptococcus pneumoniae* numunesiyle (burada koleksiyona katılma numarası NCTC13276 ile bilinmektedir) Fred Griffith'in üzerinde çalıştığı diğer *Streptococcus* türünün (NCTC8303) numunesi de vardı. Güvenli bir şekilde dondurulup kurutulmuş bakteriler, gelecek referanslar ve araştırmalar için kabinlerde depolanmış haldeydiler. Ayrıca çoğu insanda zarar vermeden yaşayan ama kimi zaman kötü enfeksiyonlara yol açan *Haemophilus influenzae*'nin bir örneği de vardı. Bu numuneyi (NCTC4842) penisilinin kâşifi Alexander Fleming, 1935'te dediklerine göre kendi burnundan almıştı. Neticede hepsini görmek zorundaydım.

Roberts içine bir dizi kartonun sıralandığı bir dolap açtı. Kartonlardan birini kaldırdı ve kapağını açtı. İçinden her biri az çok tek bir Montblanc kalemini taşıyacak ebatlarda olan düzinelerce narin ve balsa ağacından yapılma kutu çıktı. Bu küçük kutular için tercih ettikleri terim "tabut"tu. Kulağa çok uygun geliyordu fakat uyanmaya hemen hazır tehlikeli yaratıkları tutan Drakula tabutlarıydı bunlar. Kapakların üzerinde, hangi tabutun neyi sakladığını söyleyen ve elle yazılmış ufak etiketler vardı. Her tabutun içinde hassas ampulleri koruyan, camdan yapılma bir dış tüp vardı. Bu ampuller bir ucu yuvarlak, diğer ucu bir iğne deliğine ısıyla mühürlenmiş daha ufak tüplerdi. Ampulün içinde vakumlu koşullarla bakteriyel numune konmuştu. Tek görebildiğiniz ampulün yuvarlak ucuna toplanmış, ufak bir lekeden güçbela büyük sarımsı bir materyaldi. Sarı şey çoğunlukla besleyici suyun çökeltisiydi. Dondurulup kurutulurken numuneyi korumaya yarayan özel bir karışımdı. Lekenin içinde uyuyan bakteri gizlenmekteydi.

Roberts ampule kıvılcım vererek vakumun sağlamlığını test ettiklerini açıkladı. Eğer sağlamsa tüp floresan ışığı yayıyordu. Ardın-

dan elektrikli kıvılcım testi yapan çubuğunu küçük bir tüpe değdirek nasıl yapıldığını gösterdi. Gerçekten de hoş mavi bir floresan ışığı yaydı. Vakumun iyi olduğuna işaret ediyordu. Ampulden floresan ışığı gelmediğinde bu, vakumun yittiği ve numunenin bozulduğu anlamına geliyordu. Bu durumda numuneyi atıyorlardı.

Öncesinde özel numunelerden, yani tarihsel hazinelerden birini görüp göremeyeceğimi sormuştum ve Roberts kabul etmişti. Turuncu tıbbi eldivenlerini giyerek, NCTC1 olarak bilinen numunenin tabutunu ihtiyatlı bir şekilde kaldırdı. 1 numaralı olması ta 1920’de NCTC kurulduğunda alınmış ilk numune olduğuna işaret etmekteydi. İçinde Watanabe’nin Japonya’da gördüğüne benzeyen, dizanterinin bir formu olan *şigelloz* hastalığına yol açan bir *Shigella flexneri* türü vardı. Şigelloz kendisini bağırsak iltihaplanması ve ishal olarak açığa vurur. İnsanlar için bulaşıcı dozu düşüktür – birinin bağırsağına yerleşip serpilmesi için ufak bir eser miktar bile yeterlidir. Bu da kirli su veya bozuk gıdayla kolaylıkla geçebileceği anlamına gelir. İshal özellikle düzgün sağlık hizmetlerinin olmadığı yerde çok kötü olabilir: Şigelloz hâlâ her yıl bir milyondan fazla insanı öldürmektedir ve bunların çoğu gelişmekte olan ülkelerin çocuklarıdır. 1915 başlarında Fransa’da savaşıyan bir İngiliz askere bulaşmış ve NCTC1 koduyla bilinen numune bu şekilde toplanmıştı.

Söz konusu asker Doğu Surrey dışında çarpışan alaya bağlı, 28 yaşındaki erlerden Ernest Cable’dı. Günümüze hiçbir fotoğraf kalmamıştır ve Er Cable veya soyu hakkında hemen hemen hiçbir şey bilinmemektedir. Orduya katılmadan önce İngiltere’de bir aile yanında oturmuştu. Bu ailenin yeni yürümeye başlayan bir çocuğu vardı ve vasiyetini bu çocuğa yazmıştı. Cable Batı Cephesi’ndeki siperlerin 30 veya 40 mil arkasında bulunan sahil kenti Calais’nin altında bulunan, Wimereux’daki askerî hastaneye hasta halde gelmişti. Hastane otelden dönüştürülmüş bir yerdeydi ve burası eskiden Grand Vimereux Hotel olarak biliniyordu. O dönemde savaş alanındaki yaralanmalara değil tümüyle bulaşıcı hastalıklara ayrılmıştı. Klinik kayıtları yitip gitmiş olsa da, Cable muhtemelen kanlı ishal ve bağırsak kramplarından mustarıptı. Dizanteri teşhisi konmuştu. 13 Mart 1915’te Müttefik güçleri 100 mil güneyde Artois ve Champag-

ne'da hücumla geçtiğinde, Cable hayatını kaybetti. Ama öncesinde dışkı örneği vermişti. Dışkı örneği Wimereux Hastanesi'ndeki bakteriyologlardan Teğmen William Broughton-Alcock'a gitti ve kendisi bakteriyi yalıtı. Bu yalıtılan bakteri daha sonra *Shigella flexneri* türünün içine konacak ve serotip 2A şeklinde tanımlanacaktı. Beş yıl sonra da NCTC1 olarak koleksiyona dahil edildi. Onu ilginç kılan sayısal önceliği değil, bir yüzyıl sonra biyolojisi ve genomu hakkında bulunacak şeylerdi.

Er Cable'ın *Shigella*'sı henüz icat edilmemiş antibiyotiklere karşı dirençliydi. Daha kesin ifadeyle antibiyotik maddeler henüz insanlar tarafından keşfedilmemişti. Bir başka kesin gerçekse, Cable'de bulunan türün 1915 yılında, sırayla 1942 ve 1952'de insanlardaki enfeksiyonlarda kullanılmaya başlanacak penisilin ve eritromisine dirençli olmasıydı. Sebep sonuç sıralamasındaki bu bariz terslik, Cambridge'in hemen güneyinde bulunan Hinxton adlı küçük köydeki Wellcome Trust Sanger Enstitüsü'nde çalışan bir ekip tarafından ortaya çıkarılmıştı. Kate S. Baker 2014'te yayımladıkları makalenin ilk yazarıydı.

Baker ve meslektaşları Porton Down'dan NCTC1'in eski ampullerinden birini almışlar, kırıp açmışlar, bakteriyi canlandırmışlar ve kültürleyip zaman kapsülü içindeki yaşlı mikrobu uyandırmışlardı. Büyüyen bakteri numunelerini besleyici agarlarla* dolu ayrı tabakalara koydular ve bunlara modern anti-mikrobiyallar ile dolu koca bir listeyle meydan okudular. Baker'ın ekibi bu iki ilaca, yani penisilin ve eritromisine karşı "içkin bir anti-mikrobiyal direnç" olduğunu gördü.²⁴⁹ İçkin mi? Çok şaşırtıcı bir durumdu. Sanki daha silahlar icat edilmeden önce kurşun geçirmez yelekler giymeye dönük içsel bir eğilim oluşmuş gibiydi. Nasıl ve neden biri böyle bir şey yapardı ki? Bu örnekte bu hazırlıklı olma hali, vahşi hayatta henüz antibiyotikler yokken, vahşi hayatta antibiyotiklere direncin var olduğunu yansıtan bir olguydu. Bazı bakteriler antibiyotik maddeleri, diğer bakterilerle girdikleri rekabetçi mücadelelerinde caydırıcı birer doğal silah olarak üretmekteydiler. Direnç de benzer şekilde, bu tür

silahlara karşı kendilerini savunmak için, yavaş yavaş ve doğal olarak evrimleşmiş bir özellik olarak ortaya çıkmaktaydı.

Bu fenomene işaret eden kimi bulgular 1969'da, güneybatı Pasifik'in uzak takımadalarından biri olan Solomon Adaları'ndan geldi. Modern tıp oraya henüz ulaşmamıştı ve Solomon Adaları'nda yaşayan halk hâlâ “antibiyotik bakiri bir nüfus”tu.²⁵⁰ Laboratuvarı üretilen ilaçlar olmamasına rağmen, bir grup Amerikalı araştırmacı toprak numunelerinde, hem tetrasikline hem de streptomisine karşı dirençli bakteriler buldu. İmalat ürünü antibiyotikler henüz gelmeden önce nasıl antibiyotik direnci oraya ulaşabilmişti? Cevabı bilinmiyordu ama yanıt muhtemelen yine bakteriler arasındaki doğal mücadelelerde saklıydı.

Solomon Adaları'ndaki örnekte aynı çifte direnç –tetrasiklin ve streptomisine karşı direnç– insanları mesken tutmuş bakteriler arasında da görülmekteydi. Adanın yerlilerinden, “iç kesimlerdeki çalılıklar”da yaşayan birinin dışkı örneğinde, araştırmacılar iki ilaca da dirençli *E. coli* bakterilerine rastladılar.²⁵¹ Bir şekilde topraktaki bakterilerden insanın bağırsağına yatay yollarla mı aktarılmıştı acaba? Amerikalı ekip bu soruya 1969 itibarıyla yanıt veremeseler de, iki mikroptaki direnci R faktörlerine atfetmişlerdi. Yani Watanabe ile Stuart Levy'nin ortaya çıkardıkları türden küçük plazmidlerde bulunan aktarılabilir genlerle ilişkilendirmişlerdi.

Vankomisin adlı bir diğer antibiyotiğin başlangıç öyküsü de yine uzak topraklara dayanmaktadır. Vankomisin Borneo'da toprak içinde bulunmuş bakterilerin ürettiği doğal bir maddeyle geliştirilmiştir. 1952'de bir misyoner bu ufak toprak parçasını, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki organik kimyager olan bir arkadaşına yollamıştı. Arkadaşı o dönemde penisiline dirençli stafilokok türlerine karşı işe yarayacak antibiyotiklerin keşfiyle çok ilgilenen Eli Lilly adlı bir ilaç şirketinde çalışıyordu. Borneo böceğinden üretilen ve önce 05865 no'lu bileşen olarak bilinen doğal madde, biraz arıtılmış ve modifiye edilmiş ardından hakkında gelebildiği şey sebebiyle vankomisin adını almıştı: İçinde stafilokokun, hatta penisiline direnen türlerinin de olduğu birçok sıkıntılı bakterinin ve gonokok mikrobunun hakkında gelebiliyordu. Fakat bu galip karşısında kendisi-

ni savunan bakteriler, Borneo topraklarında doğal yollarla olmasa bile, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki hastanelerde yine ortaya çıktı. 1980'lerin sonlarında *Enterococcus* cinsi bakteriler arasında vankomisin direncine rastlandı. *Enterococcus*'a direnç katan ilk teşhis edilmiş gen (neticede bu tarzda birkaç gen vardı) *vanA* olarak adlandırılmıştı ve enterokok yatay gen transferi için plazmidlerle başka sistemler taşıdığından, muhtemelen *vanA*'nın yatay yollarla diğer bakteri türlerine geçmesi an meselesiydi (çok da vakit kalmamıştı). Beklenildiği gibi cinsler arasındaki sınırları kısa sürede aşır *Enterococcus*'tan *Staphylococcus aureus* dahil stafilokok türlerine geçti.

Bu beşeri ilaç yapımı için kara haber demekti. 1982'de vankomisin, metisiline dirençli *Staphylococcus aureus*'a (korkunç MRSA) karşı kullanılan hayat kurtarıcı silahlardan biriydi. Lakin 1996 yılında Japonya'da ilaca duyarlılığı azalmış stafilokok enfeksiyonları görüldü ve kısa süre sonra vankomisine dirençli stafilokoklar Amerika Birleşik Devletleri'nde belirmeye başladı. Michigan'da diyabet, böbrek yetmezliği ve kronik enfekte ayak ülseri gibi sayısız sağlık sorunu olan zavallı bir hastada, vankomisine dirençli *Staphylococcus aureus*'un (korkulacak yeni şeytan VRSA) Amerika'daki ilk örneği bulundu ve bir kısmı enfekte olmuş ayaktan yalıtılarak alındı. Daha önce yapılmış bir parmak amputasyonundan sonra hasta enfeksiyona yakalanmasın diye ona başka antibiyotiklerin yanı sıra vankomisin de verilmişti. Dolayısıyla stafilokok direnç veren geni, hastanın kendi bedeninde yatay gen transferiyle almış olmalıydı. Eyvah! Fakat dirençli stafilokokun hastane ortamında bulunma ihtimali de vardı. Başka birinin çoklu enfekte olmuş bedeni içinde uyurken bu yeni genini yakın zamanda kapmış olabilirdi. Kısa süre sonra, Pennsylvania'da bir kadından başka bir VRSA türü yalıtıldı. Bu seferki, hasta yakın zamanda vankomisinle tedavi edilmemesine rağmen hastada bulunmuştu. Pennsylvania'lı hasta aynı Michigan'lı gibi, enfekte ayak ülserinden mustarıptı ve yine dirençli stafilokok bu ülserden alınmıştı.

VRSA'nın bu ayakyiyen türlerinin ikisi de *vanA* geni taşıyorlardı. Bu da dirençlerini muhtemelen ayrı ayrı hadiselerde *Enterococcus* bakterisinden aldıklarına işaret ediyordu. US Centers for Disease

Control and Prevention*, bu gen bağırsaklarda yaşayan bakterilerden cildi çürüten bakterilere çok ustalıkla sıçradığı için, acilen “ek VRSA enfeksiyonlarının yaşanma ihtimali” uyarısında bulundu.²⁵² Kimsenin ayağı güvende değildi ve özellikle hastanede yalınayak yürüyecek kadar budala olanların ayakları büyük tehlikedeydi.

Er Ernest Cable’ın 1915’te yaşadığı ölümcül dizanteri, görünüşe göre bunca sancının uyarıcı bir sinyali olmuştu ama tabii geriye dönüp bakılınca bunu söylemek mümkündü. Ne anlama geldiği o dönemde kimsenin içine doğamazdı çünkü insan yapımı antibiyotikler henüz ortada yoktu. Dolayısıyla kullanımları, aşırı kullanımları ve doğal başlangıçlarla bu denli hızlı bir şekilde yayılan dirençli genler ile ilgili sorunlar da yoktu. Cable’ın örneği sadece bu yolda atılmış karanlık bir adımı temsil etmekteydi. Teferruatlarında olağandışı bir şey yoktu –bir adam savaş zamanında ölmüş, alınan bakteriyel numune rutin bir şekilde arşivlenmişti– ve içerimleri yüz yıl sonra Kate Baker ile meslektaşlarının mikrobiyotiklerini yeniden büyüttüğü, DNA’sını çıkardığı ve genomunun dizilimini yaptığı güne dek fark edilmemişti. Wimereux hastanesinde penisilin ve eritromisin bulunmuş olsaydı Cable’ın özgün mikrobunu bu ilaçlara karşı koruyacak genleri bulmuşlardı. Er Cable’a bu tedavi uygulanmış olsa bile hayatını kaybedecekti muhtemelen. Fakat bunu asla bilemeyeceğiz.

Wimereux mezarlığına gömüldü. Kendisinden alınan *Shigella* türüyse, Teğmen Broughton-Alcock’un eliyle laboratuvarında kültürü alındıktan ve birkaç başka adımdan sonra, Porton Down’daki NCTC yerleşkesi içinde, Bina 17/11’de, çok soğuk bir odanın içinde, bir dolapta ve oradaki kutulardan birinin içinde kendi ufak tabutuna gömüldü. Jodie Roberts’ın turuncu eldiven geçirdiği elleri şimdi görmem için bu tabutu tutmaktaydı. Eğilip üzerindeki etiketi sesli bir şekilde okudum: “*Shigella flexneri*, tip 2A, tür Cable.”

Koleksiyondan sorumlu Julie Russell, “Hâlâ yaşayabilir olduğunu biliyoruz,” dedi. “Çünkü birden fazlaydı.” Yani her birinin içinde Cable’ın, ilk partiden çekilip alınmış, kısa süreliğine uyandırılmış ve

daha iyi saklanmak için 1951 yılının en güncel yöntemleriyle dondurulup kurutulmuş, ardından yeniden soğuğa gömülmüş mikroplarını taşıyan ampulleriyle birden fazla tabut vardı. “Ve bunları diğerinden yetiştirdik,” dedi. Bahsettiği Baker’ın ekibiyle üzerinde çalıştığı, ampulü kırıp açtığı, kültürünü çıkardığı ve kimliğini derinlemesine incelediği numuneydi. Russell bugün onun yanında NCTC1’den yani Cable türünden bir ampul daha olduğunu ekledi. O da ilk partiden alınmış ve burada NCTC’de depolanmıştı. Toplamda geride iki tane kalmıştı.

“Kıymetliler mi?” diye sordum. ❧

“Evet, öyleler,” dedi gelişigüzel bir şekilde ve aslında kastettiği şeydu: Cidden çok yararlı olabiliyorlardı.

1960'ların sonları ve 1970'lerin başlarında biliminsanları, yatay gen transferinin taşıdığı içerimlerin, bakterilerdeki antibiyotik direnci sorunundan öteye uzandığını fark etmeye başladılar. Bu içerimlerin içinde evrimin nasıl işlediği –Darwin'ci mekanizmalarla mı başka yollarla mı?– ve geçmiş dört milyar yıl boyunca nasıl *işlemiş* olduğu gibi koca bir mesele vardı. Ephraim S. Anderson isimli Britanyalı bir bakteriyolog 1968'de bunun ipuçlarını vermişti.

1911'de doğan Anderson, Tyne üzerindeki Newcastle'ın işçi sınıfı mahallelerinden birinde Estonya'dan göçmüş Yahudi bir aileden geliyordu. İki savaş arasındaki zorlu yıllarda gelecek vaat eden Britanyalı bir biliminsanı için oldukça dezavantajlı bir başlangıçtı. Okulda parlak zekâsını herkese göstermiş, tıp okumak için burs kazanmış, sonra iş bulmak için büyük mücadele vermişti ve Yahudi olduğu için en az birkaç pozisyona uygun bulunmamıştı. Kraliyet Ordusu Sıhhiye Birliği'ne katıldı ve beş yılını Mısır, Kahire'de Britanyalı askerler arasındaki tifo salgınlarının izini sürerek geçirdi. İngiltere'ye döndükten sonra Enteric Reference Laboratuvarı'nda araştır-

macı olarak işe başladı. Bu şöyle pratik bir misyonu olan ulusal bir tesisti: İnsan sağlığını tehdit eden bağırsak bakterilerinin türlerini tanımlamak ve sınıflandırmak. Birkaç yıl içinde Anderson laboratuvarın yöneticisi oldu. Bu süreçte içinde tifo mikrobunun da olduğu *Salmonella* grubu gibi bağırsak kökenli bakteriler üzerinde uzmanlaşmıştı ve 1960'lı yıllarda antibiyotik direnci hakkında ilk dikkat çekici uyarıları ile kamu sağlığı konusunda etkili bir ses haline geldi. Haşinliği, agresifliği, insanların bam teline basmak gibi “büyük Allah vergisi” yeteneği ve besi hayvanlarının büyümesini hızlandırmak için antibiyotiklerin rutin kullanımına sert bir şekilde karşı çıkmasıyla tanınıyordu.²⁵³ İngiltere’de Watanabe ve Japon meslektaşlarının gördüğü şu şeyi fark etmiş ilk bakteriyologlardan biriydi: Direnç geninin plazmidler üzerinde türden türe, cinsten cinse hızla yayılabilirdi. Sırf bu bile göze çarpmasına yeterdi. Fakat yazdığı dergi makalelerinden birinde, Anderson bir adım daha ileri gidip bu aktarım faktörlerinin yarattığı diğer önemli etkinin “genel olarak bakteriyel evrimde olası bir önem taşıdığı”nı düşünmesiydi.²⁵⁴

Direnç genlerinin bu denli kolay bir şekilde yatay hareket edebilmesi, diğer özellikleri taşıyan genlerin de aynı şekilde hareket edebildiğinin işaretçisiydi. Dolayısıyla Anderson, “Aktarım faktörlerinin bakteriyel evrime etki etmiş olabileceğini söylemenin çok güçlü bir cazibesi vardır,” diye yazıyordu.²⁵⁵ Belki mutasyonla ve doğal seçimle hiç ilgisi bile yoktu. Belki yatay gen transferi mikrobik yaşamın uzun tarihi için de büyük bir rol oynamıştı.

Bu devrimci bir olasılık için kibar ve mülayim kalan bir ifadeydi. Evrimin tarihi –en azından içlerinden bir grupta yani bakteriler arasında–, gerçekten Darwin’in benimsemiş olduğumuz teorisinden *farklı mıydı*?

Anderson’un önermesi 1970 yılında, bakteriyolojinin farklı bir alanıyla uğraşan bir çift Britanyalı araştırmacı tarafından da tekrarlandı. Dorothy Jones ve Peter Sneath, Leicester Üniversitesi’nde mikrop sistemcileriydi (isim verip sınıflandırıyorlardı). Bakterileri sınıflandıran ilk büyük isimlerden Ferdinand Cohn’un uzun geleneğinden geliyorlardı ama yeni verileri, modern yöntemleri ve taze düşünceleri kullanmaya dönük sıkı bir çabaları vardı. Tercih ettikleri yöntem sa-

yısal taksonomi olarak bilinmekteydi. O dönemde bu, daha yeni sayılabilecek ve kladistik* olarak bilinen diğer sınıflandırma ekolünden taban tabana zıt bir yöntemdi. Sayısal taksonomiciler yaratıkları, evrimsel tarihlerine bakmadan genel benzerlikler üzerinden türlere ve üst kategorilere ayırmaktaydılar. Kladistlere göreyse ortak ata –ve dolayısıyla evrimsel tarih– sınıflandırmanın tek ikna edici temeliydi. İnanın bana bu ayrıntılarını bilme mecburiyetinizin olmadığı sert ve esrarlı bir kavgaydı. Burada Jones ve Sneath'ın 1970 yılında birlikte “Genetic Transfer and Bacterial” [Genetik Transfer ve Bakteriyel Taksonomi] başlığıyla çıkan ve esas amacı yatay gen transferini kladistikçilerin kafasına geçirebilecekleri bir sopa gibi kullanmak olan etkili bir derleme makalesi yazdıklarını söylemekle yetinelim.

Çalışmalarında fosil kayıtlara neredeyse hiç rastlanmadığından, kladistikçilerin bakterileri sınıflandırmada zayıf kaldıklarını belirtiyorlardı. Fakat evrim temelli yaklaşım için asıl tahrip edici olan, Japonya ve başka yerlerde yapılan çalışmalardan bakteriyel türler arasında gen transferinin olduğunu gösteren bulguların gelmesiydi. Jones ve Sneath uzun makalelerinin büyük bir bölümü boyunca, o gün bakteriler arasındaki yatay gen transferi hakkında bilinen şeyleri tarif edip belgelemeye girişmekteydiler. Ardından bakterilere aktarılan ve onlarla eklemlenen “yabancı” bir genin muhtemelen o genomu diğer transferleri daha kolay kabul edecek bir hale getirdiğini söylüyorlardı. Türler arasındaki bariyerler yıkılmaya başlayabilirdi. “Bu da filetik çizgiler arasındaki sayısız kısmi kaynaşmayla, son derece ağsı evrim tarzlarını destekler niteliktedir.”²⁵⁶ Ağsı tarzlar mı? Bu ağa benzedikleri anlamına geliyordu. Peki kaynaşmalar? Bu da genlerin bir genomdan diğerine yatay olarak sıçradığı anlamına gelmekteydi. Ağaçlardaki dallar asla kaynaşmaz ve ağsı bir yapı oluşturmazdı. Hal böyle olunca bu durumu ilişkiselliği gösteren bir ağaç olarak nasıl çizerdiniz?

Söyle yazıyorlardı: “Gen alışverişi belki öyle sık gerçekleşmektedir ki, bakterilerdeki evrimsel örüntü yaygın düşünüldüğünden çok daha ağsı bir biçime sahiptir.”²⁵⁷ Ağacı değil, ağı andırıyordu.

Üstü kapalı bir şekilde söyledikleri şuydu: Vay canına, tüm bu gen transferi işi, bakterileri sınıflandırmayı dolambaçlı ve bizim için daha güç bir hale getirmekteydi, fakat o zavallı ve inatçı kladistler için *imkânsız* hale sokmaktaydı.

Jones, Sneath ve müttefiklerinin kaderinde bu savaşı kaybetmek vardı. Kladistikçiler en azından evrimsel biyologlar arasında zafer elde edecekler ve hâkim sınıflandırma yaklaşımının sözcüleri olacaklardı. Fakat Jones ve Sneath'in yazdıkları makale başka amaçlara hizmet etmişti. Yatay gen transferinin organizmaları sınıflandırma ve evrimsel tarihlerini tarif etme işini nasıl karmaşık hale getirdiği konusunda farkındalığın genişlemesini sağlamıştı. Dahası *ilk* olmasa da, ağsı evrim kavramını, yani yaşam ağacındaki dalların birbirine dolandığı fikrini dolaşıma sokan ilk bilimsel kaynaklardan biri olmuştu.

Bu noktada bir başka mutlak gerçeğin kırılabilir yapısıyla karşılaşmaktayız. Bununla kastettiğim şey, *görünüşte* mutlak olan başka bir şeyin ne kadar cılız ve kırılgan olduğudur. “Tür” kavramının genelde sağlam bir kavram olduğu kabul edilir. Halbuki sağlam falan değildir. Özellikle bakteriler ve arkeler söz konusu olduğunda sağlamlıktan hayli uzaktır fakat biliminsanları bir bitki veya hayvan türünü diğerlerinden ayırt etmeye çalıştıklarında bile bir nebze muğlaklık taşımaktadır. Sınırlar flulaşmaktadır. Kenarları goretex ayakkabılar gibi gözeneklerle doludur – hatta bazı durumlarda tülbent bezleri gibidir. Bulanıklaşmasının sebeplerinden, bu gözenekliliğin belirtilerinden biri yatay gen transferidir. Anne babadan çocuğa doğru geçmek yerine yatay olarak hareket eden genlerdir. Eğer genler bir bakteri türünü diğerlerinden ayıran sınırlardan geçiyorsa, bu nasıl bir açıdan gerçek bir sınır sayılabilir?

Bakteriyel türlerin sabit ve ayrı şeyler olduğu düşüncesi, öncesinde okumuş olduğunuz gibi Ferdinand Cohn’a kadar geri gider. 1860 ve 1870’li yıllarda Breslau’da çalışan, bakteriyel sınıflandırmalara düzen getirmeye uğraşan, bakterileri çevre koşullarına göre

formlarını değiştiren şekil değiştirici yaratıklar olarak gören düşünceyle mücadele eden Cohn, şu veya bu bakteri türlerinin saf kültürlerini katı ortamlarda yetiştirmenin yollarını bulmuştu. Saf bir kültürde, ona tür ismini veren kimlik ve form açısından bir süreklilik olduğundan –örneğin *Bacillus anthracis*– bu gayet mantıklı bir uygulamaydı. Ayrıca *Bacillus anthracis*'i (insanlarda şarbona yol açan) *Bacillus subtilis*'ten (patateslerin çürümesine neden olan) ayırmak istediğinizde bu kimlikten emin olmak çok faydalıydı. Robert Koch katılaştırılmış jelatin yüzeylere bakterileri yayıp, ufak bir hücre parçasından karışık bir numunenin koparılıp ayrı bir şekilde yetiştirilmesini ve saf bir kültürün elde edilmesini sağlayan tekniği geliştirerek bu girişime büyük katkıda bulunmuştu. Koch'un laboratuvar asistanı Julius Petri, jelatin veya agar üzerinde yetiştirilmiş saf bir türün hava yoluyla bulaşmasını cam bir kapakla önleyen Petri kabını icat ederek ilave bir katkı yapmıştı. Ferdinand Cohn bakteriyel sınıflandırma savaşını kazanmıştı ve zaferi yaklaşık 50 yıl boyunca geçerliliğini korumuştur.

Fakat kimliklerin ayrı olduğunu söyleyen bu kesin tutum, Griffith'in 1928'de bir *Pneumococcus pneumoniae* tipinin başka bir tipe dönüşebileceğini keşfetmesiyle zayıflamaya başladı. Watanabe'nin *Shigella dysenteriae*'nin *Escherichia coli*'den gen alabileceğini duyurmasıyla bir darbe daha aldı. Şimdiyse bakteriyel taksonomiciler *Shigella* genomlarının *Escherichia* genomlarıyla çok benzer olduğunu görmekteler. Muhtemelen aynı cinsin altında toplanacak kadar benzerdirler. Aslında *Shigella*'nın bazı türleri birbirlerinden çok *E. coli*'yle daha yakın ilişki içindedir. Dahası yatay gen transferine karşın, bakterilerin nasıl türlere ayrılacağıyla ilgili kesinliğin parçalanması, bu ufak kafa karışıklığının çok ötesine uzanmaktadır.

Montreal Üniversitesi'nde mikrobiyolog olarak çalışan Roman-ya asıllı Sorin Sonea, bulanıklaşan bakteriyel sınırlardaki bilmeceyi mantıksal sonuçlarına taşımıştır. Eşyazar Maurice Panisset ile birlikte *A New Bacteriology* [Yeni Bir Bakteriyoloji] adlı kitaplarının önce Fransızcasını, 1983'te ise İngilizce versiyonunu yayımladı. Kitapta, dünyadaki tüm bakterilerin birbiriyle bağlantılı tek bir yapıyı meydana getirdikleri iddia edilmekte, genlerin ihtiyaç duyuldukları

yerlerde kullanılması için yatay gen transferiyle, çeşitli isimlere sahip “türler” arasında, görece serbest bir şekilde aktarıldığı tek bir türden ibaret oldukları –durun bekleyin, hatta tek bir *münferit* yaratık oldukları– söylenmekteydi. Sonea ve Panisset’nin ifadesiyle bu aktarım serbestliği, parçalar arasındaki bu evrensel değiştirilebilirlik hali, bakteriyel yapıya “devasa bir gen havuzu” vermektedir ve bu sayede bakterilerin çok farklı çevre ve koşullara çok iyi ve hızlı bir şekilde uyum sağlamalarını mümkün kılmaktaydı.²⁵⁸ Tek bir bakterinin içindeki genom genelde çoğu ökaryotun genomundan katbekat küçüktür ve görece birkaç gen içerir. Sadece bakteriyel yaşam ve üreme için gerekli olan temel genler bulunur. Özel koşullar için ara ara faydalı olan genlerden oluşmuş ufak bir fazlalık, artık veya acil durum malzemesi bulunmaktadır. Bu tutumluluğun getirdiği avantaj, bakterilerin hızla yeniden üremelerine olanak tanımasıdır. Dezavantajı ise özel koşullar için gereken çok yönlülüğün ortadan kalkmasıdır. Fakat yatay gen transferi, gerekli oldukça diğer türler veya cinslerden yeni genler getirerek, bu eksikliği güzel bir şekilde telafi etmekte eldeki sınırlı ve yalın yapıyı bütünlemektedir. Sonuç olarak bakteriler birkaç genle geçinip giderler ve bunlardan bazıları (özellikle plazmidlerin üzerinde bakteriyel kromozomla bağı olmayanlar) sürekli kaybedilir veya elde edilir.

Sonea ve Panisset’nin iddiasına göre bu, hayvanlara ve bitkilere odaklanmış Darwin’in tarif ettiği evrimden radikal bir şekilde farklıdır. Hayvan ve bitki türleri esas olarak, diğer ökaryotik türler gibi genetik yalıtılmışlıkla açığa çıkarlar. Bakteriler asla bu denli yalıtılmış türler değildir. Issız adalarda yaşayan, mutasyon geçirip etrafına uyum sağlayan, yavaş yavaş birbirinden ayrık alttürlerle ayrılan ve neticede diğer nüfuslarla çiftleşmeyecekleri veya çiftleşmeyecekleri yeni türleri açığa çıkaran kaplumbağaların ve alaycıkusların aksine, karşınızda amansız bir bakteriyel birliktelik bulursunuz. Adeta Blob’un devasa ve görünmez versiyonu içinde çarpan sınırlar gibi, bir bakteri türünden diğerine geçip gezegenin tamamına yatay yolla yayılan ve kaplayan genler çıkar karşınıza.

Pekâlâ, bunun adına Blob dememişler. Neredeyse aynı ürkütücülüğe sahip bir tabirle “süper-organizma” adını vermişlerdir.²⁵⁹ Ay-

rıca şu konuda net olmak gerekir: Sonea ve Panisset'nin bu süper-organizma kavramı, James Lovelock ve Lynn Margulis'in Gaia ismiyle çerçeve içine aldıkları ve Dünya gezegeninin kendisine uyarladıkları süper-organizma kavramından farklıydı. Dünyevi Gaia, Lovelock ve Margulis'e göre gezegenin tüm fiziki ve canlı bileşenlerini kapsayan bir süper-organizmaydı. Bu iki fikir tinsel açıdan birbiriyle ilişkilidir (cafcaflı, cüretkâr ve sersemleticidir) fakat tikel unsurları ve amaçları söz konusu olduğunda çok farklıdır. Sonea ve Panisset bakteriyel "türler" in gen alışverişlerini nasıl akışkanlık içinde yürüttüklerini tarif etme niyetiyle hareket etmişlerdir fakat süper-organizmaları diğer yaşam formlarının tamamını *kapsamamıştır*. Dünya Ana değildir. Dünyanın en büyük mikrobuydu. Onu Gaia kavramından daha canlı ve daha faydalı kılan şey, her şeyi birleştirmek yerine iki şeyi keskin bir şekilde karşı karşıya getirmesiydi: Bakteriyel genlerin yatay hareketine karşı kaplumbağa genleriyle alaycıkuş genlerinin bunu yapamaması.

Panisset'nin ölümünden sonra Sorine Sonea, İngilizce yayınlar da bu büyük fikri, yani bakteriyel süper-organizmayı savunmaya devam etti ama bilimsel topluluktan farklı tepkiler aldı. Fikir hiç de şaşırtıcı olmayan bir biçimde Lynn Margulis'in hoşuna gitmişti. Ford Doolittle bunu –doğru bir yargıyla– “olgun olmasa da cesur” bir fikir olarak adlandırmıştı²⁶⁰ ve Sonea'nın teorisiyle diğer benzer kuramların “1970 ve 1980’lerde geniş kesimlerce göz ardı edildiklerini, umutsuz derecede radikal olduklarını” hatırlıyordu. Doolittle'in kendisi biraz olsun radikal bir provokasyonda bulunmaktan memnundu. Dolayısıyla 2004 yılında, yatay gen transferinin moleküler biyoloji içinde ilgi çekici bir konu olmadığı ve bakterileri düzgün sınırlarıyla türlere ayırmaya, onları ağaçlardaki meyveler gibi konumlandırmaya yarayan eski kavramların hepsini yok ettiği bir dönemde bunları yazdığına nostaljik ve dost canlısı bir yorumda bulunmuştu.

Sonea ve Panisset'nin dışında kalan diğer biliminsanları, 1980'li yıllarda bu tuhaf fenomenin geniş içerimler taşıyabileceğini fark etmeye başlamışlardı. Önce çok yavaş olsa da, birden fazla laboratuvar-da çok tercih edilen bir araştırma temasına dönüştü. "Yatay gen transferi" ifadesi icat edildi ("yanal gen transferi" de aynı anlama gelen bir türevi oldu) ve "ağsı evrim" de dolaşıma girdi. Ağırlıkla müphem ve temelsiz verilere dayanan, aynı Ephraim Anderson'un mizacıyla, YGT'nin önemi ve Darwin'inkini tamamlayacak yeni bir evrim teorisini gerektirip gerektirmediği hakkında sorular soran dergi yazıları ve derleme makaleleri ortaya çıktı.

Belli ki bu bakteriler arasında yaygın ve olağan bir şeydi. Hatta bazı araştırmacılar bu bulguları başka yaratıklarda da gördüler veya gördüklerini sandılar. Ökaryotlarda. Hayvanlarda, bitkilerde. Üzerinde bakteriyel simbiyontlar taşıyan bir balık türü görünüşe göre balık genlerinden birini bakteriyel genoma aktarmıştı. Bu nasıl mümkün olabilirdi? Başka bir bakteri DNA'sından bazı parçaları, bulaştığı bitkilerin çekirdek genomlarına yollamıştı. Bakteriden bitkiye mi? Görünüşe göre, bir soyları 65 milyon yıl önce ayrılan çok

başka bir denizkestanesi türüyle genlerinden birini paylaşmıştı. Abartı bir durumdu. Başka bir bakteri, meşhur *E. coli*'nin plazmidlerdeki DNA'ları mantar olan bira mayasına aktardığı görüldü. Bira mayası mikrobik, görece basit ve ufak bir yaratıktı ama yine de ökaryotikti. Mantar konakla bakteriyel genler arasındaki bu karışım, araştırmacıların raporuna göre bakteriyel eşlenmeye çok benzer bir biçimde öpüşme süreciyle gerçekleşmişti ve "krallık ötesi gen alışverişlerini teşvik etme açısından evrimsel bir öneme sahip olabiliyordu."²⁶¹ Krallık ötesi bir gen için çok uzun bir yol yürümek demekti.

1982'de *Science*'ta yayımlanan "Can Genes Jump Between Eukaryotic Species?" [Genler Ökaryotik Türler Arasında Sıçrayabilir mi?]²⁶² başlıklı deneme genel bir bakış sunup üstü örtük bir biçimde şu yanıtı vermekteydi: Muhtemelen. Bu uzak aktarım örneklerinden bazılarının asılsız olduğu ortaya çıktı (daha iyi verilere erişilince çürütüldüler) fakat temel önerme doğrudu ve bu araştırma gündemi yerini sağlamlaştırdı. Genler çok farklı türler arasında, daha önce hayal edilemeyecek bir dereceyle sınırları aşip yatay hareket edebiliyorlardı. Nitekim yeni teşhis Darwin ve Darwin'in ağacına meydan okumaktaydı.

Science denemesinin belirttiği gibi genlerin karmaşık ökaryotik organizmalar arasında yatay yollarla aktarılıyor olma ihtimali, bakterilerde yatay gen transferiyle ilgili mevcut gerçekliğin ötesine uzanan radikal bir adımdı. "Dışarıdan bakıldığında hayal ürünü ve kesinlikle alışılmışın dışında" bir fikirdi,²⁶³ bazı aksiyomatik ilkeleri ihlal eden kafa karıştırıcı bir anomaliydi ve soruşturulması için iki aşamadan geçilmesi gerekecekti. İlk olarak bu tuhaf şey gerçekten oluyor mu? İkincisi, eğer oluyorsa ne kadar yaygın ve önemli?

Zaman geçtikçe yeni sorgulamalar, bu tuhaf şeyin gerçekten olduğunu gösterdi. Örnek verelim: Bir zamanlar içlerinde Leeuwenhoek'in de olduğu ve omurgasız canlıları çalışan zoologların incelediği, rotifer* olarak bilinen çok özel bir hayvan grubu vardır. Fakat bunlar şimdi, moleküler biyoloji içinde "yığınlar" halinde yüklenmiş yabancı genlerle tanınmaktadırlar.²⁶⁴

Rotiferler tahayyül edilemeyecek kadar sade ve gösterişsiz yaratıklardır – öyle sadedirler ki neredeyse (ama tam değil) onları sevmek zorunda kalırsınız. Suda, ağırlıklı tatlı suda ve toprak veya yosun gibi nemli ortamlarda yaşarlar. Yağmur oluklarında ve kanalizasyon arıtma tanklarında yaşarlar. Birine mikroskopla baktığınızda, bofa balıklarına has ağzı ve uzun, ince kuyruğuyla kurtçukları andıran bir şey görürsünüz ama kuyruğu aslında kuyruk değildir. Rotifer biyologları buna ayak der. Bazı rotifer türleri kullanmadıkları zamanlar ayaklarını bedenlerinin içlerine çekebilirler. Uzatılıp içeri çekilebilen bir ayaktır. Ayağın ucunda, türüne bağlı olarak bir, belki iki veya dört parmak vardır. Yüzeylere tutunan veya yavaş hareket edebilen rotiferlerde, parmakların tutunmak için yapışkan bezleri vardır. Çok kullanışlıdır. Sadece tek bir ayağınız ve bir ayakkabınız varsa, bir vibram tabanınız ve takozunuz olsun istersiniz. Ama bazıları plankton gibi serbestçe hareket eder. Bofa ağzı hızlı hareket eden ve yiyecek parçalarını boğazdan geçirecek türbülans akışını sağlayan siliyalar, yani tüylerle çevrilidir. Latince “tekerlek taşıyıcısı” anlamına gelen rotifer, ismini bu dairesel türbülanstaki almaktadır. Besin olarak döküntüleri, bakterileri, algleri ve sindirilebilir malçların* diğer ufak formlarını tüketirler. Hobi olarak balık besleyen bazı kişiler, camları temizlemeleri için bunları akvaryumların içine koyarlar. Tutsak rotiferler tankınız yaşamalarına elverişliyse üreyecekler ve yan bir fayda olarak tetralarınızla kılıčkuyruklarınız onları yiyebileceklerdir. Nashville’deki bir şirketten bir şişe evcil, aperitif rotiferi 17 dolara almanız mümkündür.

Görünmez yoğun kurtçuklar. Büyük bir rotifer bir milimetre uzunluğunda olabilir. Güçbela görünecek kadar büyüktür fakat ne kadar küçük olsalar da tekhücreli yaratıklar değillerdir. Çok hücreli hayvanlardır.

Özellikle rotiferlerin bir grubu çok tuhaf ve ilginçtir. Kolay yazabileceğim ama telaffuz edemeyeceğim isimleriyle bunlara bdelloid denir. Bdelloid rotiferleri bazen kuruyan değişken ve çetin ortamlar-

da yaşamaya meyillidirler. Bdelloidler bu tür krizlerle, aynı hazır kahveler gibi kurumuş ve hareketsiz bir hale bürünerek baş ederler ve bu sayede dokuz yıl kadar hayatta kalabilirler. Sular geri döndüğünde yeniden suya kavuşurlar ve canlanırlar. Bdelloidlerin bir diğer tuhaflığı, eşeysiz üremeleridir. Dişiler hiçbir döllenmeye ihtiyaç duymadan başka dişileri doğurabilirler. Bunun için kullanılan süslü terim partenogenezdir. Erkek bir bdelloide hiç rastlanmamıştır. Genetik bulgulara göre bdelloidler 25 milyon yıldır eşeyli ilişkiye girmemişlerdir. Bu kimsenin ölçemeyeceği bir bekârlık süresidir. Nüfus içinde genetik kâğıtları tekrar karan ve yeni gen kombinasyonları sunan cinsel rekombinasyonlar olmamasına rağmen, bdelloidler bir şekilde özgünlük yakalamayı başarmışlardır. 450'den fazla türe ayrılmışlardır.

Çeşitliliği bu şekilde eşeysiz bir şekilde sağlamaları, kısmen genetik bulguların bdelloidlerde yakın zamanda ortaya çıkardığı diğer bir anomaliyle açıklanabilir: Yatay gen transferine dönük güçlü eğilimleri. Bu durum 2008 yılında, bdelloid türlerinden birinin genomundan belli kesitlerin dizilimini çıkaran ve normalde orada olmaması gereken türlü türlü çılgınlıklarla karşılaşan üç Harvard'lı araştırmacı tarafından tespit edildi. Daha belirgini bdelloid olmayan yaratıklar içinde en az 22 gen tespit etmişlerdi ve bunlar mutlaka yatay gen transferiyle gelmiş olmalıydılar. Bazıları bakteriyel genler, bazılarıysa mantarlara has genlerdi. Genlerden biri bir bitkiden gelmişti. En azından bu genlerin birkaçı hâlâ işlevseldi. Enzimler ve hayvanlar için yararlı başka ürünler üretiyorlardı. Aynı rotifer üzerine yapılan sonraki çalışmalar, genlerinin yüzde 8'ini yatay transferle bakterilerden veya diğer ayrı yaratıklardan aldıklarını gösteriyordu. Çoğunluğu İngiltere'de bulunan bir araştırma ekibi, bdelloidlerin dört başka türüne daha baktı ve "yüzlerce" yabancı gene rastladı.²⁶⁵ İthal edilmiş genlerden bazıları, çok uzun süredir, yani grubun ayrıldığı andan itibaren bdelloid genomlarının içine yerleşmiş haldeydiler. Bazılarıysa tek tek türlere özgüydü ve dolayısıyla daha yakın zamanda edinilmişlerdi. Bu durum, yatay gen transferinin bdelloid rotiferleri arasında antik çağlardan kalma bir fenomen olduğuna ve hâlâ yaşanmaya devam ettiğine delaletti. Hayvanlar arasında yatay hareket eden genler mi? Bu kesinlikle imkânsız sayılan bir şeydi.

Oysa değildi.

Harvard'da ve diğer yerlerdeki araştırmacıların tek istediği nedenini anlamaktı. En iyi ipuçları, bdelloidlerin yaşam tarihi içinde, hemen yukarıda bahsettiğim unsurlarda saklıydı: çölleşme ve kurumaya toleransları, eşeysiz üremeleri. Kuruma canlı kuraklıktan sağ çıksa bile mebranlar, yani zarlar ve moleküller için zararlı olabilmekteydi ve biyologlar bu kuruyup yeniden suya kavuşma sürecindeki stresin, bdelloid DNA'sının parçalanmasına yol açtığından ve hücre zarlarında delikler açtığından şüphelenmekteydiler. Çevrelerinin canlı bakteriler ve mantarlarla çevrili oldukları, ayrıca ölü mikrop-lardan gelen çıplak DNA kalıntılarıyla kuşatıldıkları düşünüldüğünde, gözenekli zarlar ve parçalanma yabancı DNA'ların bdelloid hücrelerindeki çekirdeklere bile kolayca girmesini ve bdelloidler kendilerini onarırlarken onların genomlarıyla birleşmelerini sağlayabilirdi. Şunu yeniden söylememe izin verin: Bir hücre ortamdaki materyallerle bozulmuş DNA'sını onardığında, içine özgün olmayan parçaları dahil edebilir. Bu onarılmış DNA'lar bir germ hattına ait hücrelerse, değişiklik kalıcı olacaktır. Bebek rotiferler bunları alacak ve olgunlaştıklarında değişiklikleri kendi kızlarına geçireceklerdir. Böylece bakteriye veya mantarlara ait bir gen bir hayvan soyuna ait genomun parçası olabilir.

Ayrıca bdelloidlerde eşeyli üremenin, yeniden birleşmelerin olmayışı onları bu türden yeni genetik olasılıklara özellikle muhtaç hale getiriyor olabilir. Çeşitlilik bildiğiniz gibi adaptasyonun hammaddesidir ve bu olmadan hiçbir soy değişimler karşısında uzun süre hayatta kalamaz. Mutasyon, DNA molekülündeki bazlardan birinin yerine başkasının geçmesi ölçeğinde, ağır ve ufak değişimler sağlar. Buna karşılık cinsel birleşme, halihazırda olanların kapsamlı bir biçimde yeniden düzenlenmesi demektir. Ufak değişimler tek başlarına yeterli olmayabilir. Cinselliği devre dışı bırakıp üremeyi belli bir düzene oturttuğunuzda uyum sağlama becerisini feda etmiş olursunuz. Kısa vadede partenogenetik nüfuslar büyüyüp serpilebilirler fakat uzun vadede türleri yok olma eğilimine girer. Bunların hepsi konuyla bağlantılıdır. Belki bdelloid rotiferleri, milyonlarca yıl boyunca eşeysiz üreyerek –gen kombinasyonlarını hiç karıştırmadan

ve kademeli değişimleri sadece mutasyonlarla sağlayarak- tazeleştirici yeniliklerinin büyük kısmını YGT'den almışlardır.

Öyleyse bu evrimin Charles Darwin tarafından tahayyül edilememiş bir yönüdür. Nitekim bdelloidlerin de çok ötesine uzanmaktadır.

/



Önce böcekler arasında görünmeye başladı. Yine bunun imkânsız olduğu düşünülüyordu. Bunlar koyu şüphecilerdi. Yabancı genlerin bir türden diğerine geçemeyeceğinde ısrarcıydılar. Hayvanların germ hattı, yani onları ortaya çıkaran yumurtalar, spermiler ve üreme hücreleri bu tür etki odaklarından ayrı tutulmaktaydı. Biyologlar bunu, ismini 19. yüzyılda kavramın kendisini tanımlamış olan Alman biyolog August Weismann'dan aldığı Weismann bariyeri dedikleri şeyin arkasına koymaktaydılar. (Artık yaygın olarak birleştirilerek kullanılan *germbattı*, hücrelerin soylarındaki çizgiselliğe işaret ettiğinden iyi bir sözcüktür.) Bu hücreler ve DNA'ları yumurtalıklar ve testislerde yalıtılmış halde olup, vücudun geri kalanında yaşanabilecek genetik değişikliklerden tecrit olmuşlardır. Bakteriler bu bariyeri yani Weismann bariyerini aşıp kendi DNA'larından parçalarını hayvan genomlarına sokamazlardı – şüpheciler böyle diyordu. İmkânsız. Ama yine imkân dahilinde olduğu görüldü.

Büyük ifşalardan biri 2007 yılında, içlerinde Julie Dunning Hotopp isimli genç bir post-doktoralı araştırmacının olduğu bir ekipten

geldi. Çalışma, parlak ve cüretkâr J. Craig Venter'in kurduğu ve Maryland, Rockville'de bulunan bir özel kuruluşta, The Institute for Genomic Research'te (TIGR)* yapılmıştı. Venter insan genomunun dizilimini eksiksizce (veya buna yakın) çıkaran ilk ekip olmak adına, devasa büyüklüğe sahip ve devlet tarafından fonlanan uluslararası araştırma girişimi İnsan Genomu Projesi'yle rekabet eden hırçın bir genetikçiydi. Dunning Hotopp TIGR'ye bu patırtıdan sonra katılmıştı ve çalışmaları kendi çapında dikkat çekiciydi. Taze aldığı mikrobiyoloji doktorası ve bilgisayarlı biyoloji denilen şeye, yani bilgisayarlar ve matematiksel beceriler kullanılarak devasa miktarda biyolojik verinin analizine eğilimiyle Michigan Eyalet Üniversitesi'nden gelmişti. Özünde bu daha önce biyoenformatik dediğim şeyle aynıydı. Dunning Hotopp, bakteriyel genlerin böceklerle veya saç biti, kabuklu hayvanlar ve iplik kurdu gibi omurgasız hayvanlara ait genomlara sızıp sızamayacağını görmek için yapılan bir çalışmada, Rochester New York Üniversitesi'nden (kendisi de lisans diplomasını oradan almıştı) Michael Clark diye biriyle ve iki danışman hocayla aynı ekipteydi. Kontrol ettikleri genomların sekizi için yanıt güçlü bir şekilde sızdıkları yönündeydi.

Bu aktarılan genler, *Wolbachia* cinsi denilen ve dünyadaki tüm böcek türlerinin en az yüzde 20'sine bulaşan agresif hücre içi bir parazit grubundan geliyordu. *Wolbachia* bakterileri girdikleri hayvanların germ hattı hücrelerini, özellikle de yumurtalıkları ve testisleri hedef alıyorlardı. Yerleştikten sonra *Wolbachia* enfeksiyonu bulaşmış yumurtalar aracılığıyla anneden çocuklara aktarılıyordu. Genelde enfekte olmuş spermle geçmiyorlardı. *Wolbachia* spermden yavruya aktarımı engelleyen bu kısıtlılıktan kaçınıyor ve konaklarının üreme çıktılarını manipüle ederek çoğalıyordu. Bunu dört farklı yolla yapıyordu: büyümeden önce erkek yavruyu öldürerek, erkekleri dişilere çevirerek, partenogenezi tetikleyerek (bakir dişilerin daha fazla dişi üretmesi) ve *Wolbachia* bulaşmış spermle döllendiğinde enfekte olmamış yumurtaların yaşayabilirliğini sabote ederek. Yaptıkları müdahalenin net sonucu erkek-dişi oranını değiştirerek, hızla koca bir

böcek nüfusunu *Wolbachia* bulaşmış dişilerin bol miktarda *Wolbachia* taşıyan yavru ürettiği bir gruba dönüştürmekti. Bunlar *Wolbachia* için evrimsel kazanımlardı. Enfekte olan böceklerin geniş yelpazesi (ayrıyeten birçok başka eklembacaklı ve iplik kurdu) ve nüfuslarının boyutları düşünüldüğünde, *Wolbachia* olağanüstü derecede başarılı bir parazit grubudur. Bir uzmana göre, “Muhtemelen *Wolbachia*’nın yayılması bu gezegen üzerinde yaşamın en büyük pandemilerinden birini temsil etmektedir.”²⁶⁶

Elbette hücre içi parazit olmaları, *Wolbachia* bakterisinin sadece konağın içine değil konağa ait *hücrelerin* de içine yerleşmeleri, her hücrede DNA’sıyla çekirdeğin bitişiğinde yaşamaları demektir. Öyle herhangi bir hücreden ziyade germ hattı hücrelerini işgal ettiklerinden, bu *Wolbachia*’yı yumurta hücrelerinin üretiminde kopyalanıp yavrulara aktarılacak DNA’nın moleküllerine yakın bir konuma yerleştirir. Belli ki bu yakınlık, *Wolbachia* DNA’sının böceklerdeki DNA’nın içine eklenmesi için özel bir fırsat yaratmaktadır. Julie Dunning Hotopp ve meslektaşları, 26 farklı yaratıktan aldıkları genom dizilimlerini dikkatle inceleyerek, dört böceğin ve dört iplik kurdunun yatay transfer yoluyla *Wolbachia* genlerini aldıklarını keşfettiler. En çarpıcı örnek, kendi çekirdek genomuna *Wolbachia*’nın nerdeyse bütün genomunu dahil etmiş (bir milyon harfi aşan koduyla) bir meyve sineği türüydü.

Söz konusu meyve sineği, *Drosophila ananassae* sevilen bir laboratuvar canlısıydı ve daha öncesinde genom dizilimi başka araştırmacılar tarafından çıkarılmıştı. Dizilim herkesin erişimine açık bir haldeydi. Bu yayımlanmış versiyonda *Wolbachia* genomu, muhtemelen dizilimde açığa çıkmadığı için değil de, dizilimi yapan ekip laboratuvar çalışmalarında bir hata olduğunu ve bakteri bulaştığını düşündükleri için dahil edilmemişti. O dönemde araştırmacılar bakteriyel genlerin hayvan genomlarına *taşmabileceğine* inanmaktan öyle imtina ediyorlardı ki, yeni bir genom dizilimi yayımlamadan önce bakteriyel uzantıları düzenli şekilde kesip atıyorlardı. Dunning Hotopp ve mesai arkadaşları farklı bir yaklaşım benimsemişlerdi. Rochester’dayken Clark sinekleri laboratuvarında yetiştiriyor ve antibiyotikler kullanarak onları *Wolbachia* enfeksiyonundan kurtarıyordu.

Mikroskopik incelemede yumurtalıkları temiz görünüyordu. Dolayısıyla geride kalan tek *Wolbachia* geni sineğin kendi genomuna gömülü olanlardı. Clark bunun üzerinde sineğin DNA'sını posta yoluyla Rockville'deki Dunning Hotopp'a yolladı. O da dizilimin ve bilgisayarlı analizlerin büyük kısmını yürüttü.

Kendisini laboratuvarında ziyaret ettiğimde, "Hayvanla yapılacak ne varsa halletmişti," demişti. "Bilgisayarla yapılacak her şeyi ben hallettim. Sonrasında bunların arasında kalan bazı işleri birlikte bitirdik." Sinek genomunun ortasında buldukları şey, hayret verici bir şekilde *Wolbachia* genomunun neredeyse eksiksiz haliydi. Yöntemleri gayet sağlamdı ve *Science* makalelerini yayımladı. *The New York Times* ve *The Washington Post* gibi popüler basının da ilgisini çekti ve genom biyologları arasında genelde iyi karşılandı.

Ama iyi karşılayanlar hepsi değil, geneliydi. Dunning Hotopp'un bana aktardığına bakılırsa, çarpıcı ve sağlam kanıtlarla desteklenen bulguları belli çevrelerde hemen kenara atılmıştı. Onu aradığımda artık Rockville'de değil Baltimore'da Institute for Genome Sciences of the University of Maryland'daydı* ve hayvanlardaki yatay gen transferleri üzerine çalışma yapmaya devam ediyordu. Başarılı bir kariyeri vardı, National Institutes of Health'ten prestijli bir destek hibesi almıştı ve YGT çalışmalarını yeni yönle itmekteydi. Örneğin ekibi yakın zamanda, bakteriyel DNA'ların yatay yolla insan tümörlerindeki genomlara aktarıldığını keşfetti. Bu baş döndürücü keşfin ne anlama geldiği hâlâ belli değil fakat en azından bu eklenmelerin kansere sebep olmada önemli bir rol oynama ihtimali var.

Kanserle bağlantılı çalışmalara bakıldığında, kendisi ve meslektaşları çeşitli kaynaklardan insan genomuna ait çok sayıda dizilimi taramadan geçirmek için biyoenformatikten yararlanmışlar, bakteriyel (insana ait olmayan) DNA'ları andıran uzantılar aramışlardır. Kullandıkları kaynaklardan biri, binlerce hastanın tümöründen alınmış genom dizilimlerini içeren Kanser Genom Atlası adlı kamuya açık bir veritabanıydı. Tümörlerin genomları genelde küçük ama

önemli biçimlerle, kansere yakalanmış hastanın genomundan farklıdır çünkü tümör hücreleri çoğaldıkça mutasyona uğrarlar. Hotopp'un ekibi ilginç bir sonucu, bazı normal insan genomlarında bakteriyel DNA'ların saklı olduğunu bulmuştu. Fakat daha alışılmadık ve rahatsız verici olan, buna tümör hücrelerinde sağlıklı hücrelere kıyasla 210 kat daha fazla rastlamalarıydı.

İnsan hücreleri sürekli bakterilere maruz kalırlar. Bağırsaklarımızda ve cildimizde sürekli yaşayan bakteriler ve zaman zaman bizi enfekte eden bakteriler vardır. Bu samimi yakınlığın sonuçları vardır. Bunlardan daha önce şüphelenilmemiş ama 2013'te Hotopp'un yaptığı bu çalışmayla öne çıkarılan sonuç, muhtemelen parçalanıp açılmış bakteriyel hücrelerden gelen çıplak bakteri DNA'sına ait parçaların, kişinin vücudundaki hücrelerle (illa germ hattı hücreleri olmak zorunda değildir) sık sık entegre hale gelebileceğiydi. Örneğin mide zarındaki hücrelere eklemlenebilirlerdi. Veya kan hücreleriyle. "Eklemlenme"yle kastettiğim şey, insan hücresi tarafından özümsemesinin veya içine zerk olmasının ötesinde DNA'sına yamanmasıdır. Bu tarz yatay transferlerin, yani bakteriyel DNA'nın germ hattı hariç insan hücrelerine girmesinde iyi haber, değişimin kalıtsal olmamasıdır. Gelecek kuşaklara aktarılmazlar. Kötü haberse kanseri tetikleme ihtimalleridir.

Nasıl mı? Hücre genomunu, kaçak hücre çoğalmalarına izin verecek şekilde çarpıtarak.

Hotopp ve meslektaşları özellikle insanlarda görülen iki kanser türüne, akut miyeloid lösemi ile mide adenokarsinomuna bakmışlardı. Lösemi hücre genomlarında, genelde hastanede kapılan bulaşıcı formların da içinde olduğu bir bakteri grubuna, *Acinetobacter*'e ait DNA'ları andıran uzantılar bulmuşlardı. Mide tümörü genomlarındaysa *Pseudomona*'lara işaret eden parçalar buldular. Bu içinde yine hastanelerde ve tıbbi cihazlarda yaşayan kötü huylu *Pseudomonas aeruginosa* mikrobunun bulunduğu ve özellikle birden çok antibiyotiğe dirençli olduğu için korkulan bir cinsti. Bakteriler geçmişte de insanlardaki kanserle ilişkilendirilmişlerdi (örneğin mide ülseriyle ilişkilendirilen bağırsak mikrobi *Helicobacter pylori*) ve en basit hipoteze göre bakteriler iltihaplanmaya sebep vererek DNA'ya hasar veriyor-

lar, kimi zaman da kanserli mutasyonlar yaratıyorlardı. Hotopp'un ekibi tarafından sunulan, genom verileriyle desteklenen ve artık ileri araştırmaların yapılmasını gerektiren alternatif hipoteze göreyse, bakteriyel DNA'nın yatay transferi karında, kanda veya her neredeyse insan hücrelerini altüst edip onları kanserli hücelere dönüştürebiliyordu. İnsanlar için kanserojen olduklarından şüphelenilen unsurların listesine yatay gen transferini koymak, onu mikrobik sırların alanından çıkarmaktaydı.

Dunning Hotopp bu kışkırtıcı önermeyi yapmadan önce hâlâ böcekleri incelemekle meşgul olduğu dönemde bile, kendisi ve meslektaşlarının hayvan krallığında YGT'nin varlığını göstermiş keşifleri karşısında, içlerinde bazı Nobel Ödüllü kişilerin de olduğu etkili birkaç biyoloğun sert direnişiyle karşılaşmıştı. Bu tepkilerin tonu genelde şöyleydi: "Hayır, bunların hepsi yapay, bunun doğru olmasına imkân yok." Bilimsel jargonda yapay olan, metodolojik hataların sonucunda çıkmış bir yanılğı anlamına gelmekteydi. Kendisi şöyle diyordu: "Ofisime gelip, 'Hayır, bu yapay bir şey olmalı, bunu başka şekilde açıklamak zorundasın,' tarzı şeyler söyleyen biyologlar vardı." Hayvanlarda yatay gen transferi diye bir şey olamazdı, nokta. Hele insanlarda hiç olamazdı.

"Onlara, 'Bu inanca dayalı bir ifade mi?' diye sordunuz mu hiç?" dedim. Demek istediğim şuydu: Sanki Weismann bariyeri neredeyse teolojik bir dogmaya dönüşmüştü.

Bir an derin düşüncelere daldı ve bazı biliminsanlarının bilim söz konusu olduğunda dine kıyasla daha dindar davrandıklarını itiraf etti. İnanca dayalı bir genom biliminin izleri miydi? "Bence öyleydi," dedi.

Yine de bu olan bitenlerin arka planında, hem Dunning Hotopp'un hem de bulgularına şüpheyile yaklaşanların hafızalarında tazeliğini koruyan bir şey varsa, o da eleştirmenlerin neden şüpheciler olduklarına aydınlık getirebilecek bir olaydı. Bilimsel iddiaların utanç verici ölçüde abartılı sınırlara uzatılmasıyla ilgiliydi. Geniş çaplı YGT'yi sadece tümörlere, meyve sinekleri ve diğer böceklerle değil, insanların germ hatlarına da sokan bir hamle. Bu birkaç sebepten ötürü Dunning Hotopp'un öyküsüyle kesişmektedir ve sebeplerden biri hatayı düzeltenlerin içinde Craig Venter'ın TIGR'sinde çalışan eski meslektaşlarından dört kişinin olmasıydı.

Venter'ın özel ekibi ile kamu tarafından finanse edilen girişim arasında, insan genomunun dizilimini çıkarmak için verilen sert rekabet, müzakere sonucu vaziyeti kurtaran bir beraberlikle sona ermişti. International Human Genome Sequencing Consortium* olarak bilinen, devletler ve üniversitelerden destek alan devasa bir araş-

tırmacı grubu toplamıştı. Büyük paralar harcanmıştı ve kimse faaliyetlerin tekrarlanması sonucunda kaynakların israf edildiğini kabul etmek istemiyordu. Ayrıca verilerin kamuya açık olmasına karşı özel mülkiyet gibi bir durum da söz konusuydu. Başkan Bill Clinton 26 Temmuz 2000'de gösterişli bir basın konferansı ve Beyaz Saray'da yapılan törenle sürecin sonuna aracılık edildiğini duyurdu. Başbakan Tony Blair video yoluyla etkinliğe dahil oldu çünkü Britanyalı biliminsanları ve ülke kaynaklarının hatırı sayılır bir rolü olmuştu. Bunun ardından Venter ve kamu girişiminin başındaki akranı Francis Collins, kibar yorumlarda bulundular. Kimse bu vafsa vurgu yapmamasına karşın, bu noktada iki grubun sunmak zorunda olduğu şey, birbiriyle az çok örtüşen iki versiyonuyla genomun kaba bir taslağıydı.

Sekiz ay sonra, 15 Şubat 2011 tarihinde Konsorsiyum *Nature* dergisinde çıkardıkları insan genomu dizilimleri hakkında geçici bir analiz yayımladı. (Venter ve grubu kendi analizlerini nerdeyse aynı günlerde *Science* dergisinde yayımlattılar. Yaklaşık 3,2 milyar bazdan oluştuğu ve kitap kalındığında sayısız cildi doldurabileceği için dizilimin tamamı herhangi bir dergide yayımlanamayacak kadar uzundu.) Konsorsiyum'un makalesinde listelenen iki yüzü aşkın eşyazardan ilki, o dönemde Massachusetts, Cambridge'te Whitehead Institute for Biomedical Research'te* çalışan Eric S. Lander'di. Lander'in isminin önde gelmesi, başında olduğu Whitehead Genom Araştırmaları Merkezi'nin, nihai dizilimin içindeki harf kodlarına diğer katılımcı gruplardan daha büyük katkı yapmasının sonucuydu. Fakat yazar listesinin başında olması, kısa süre sonra makalenin vardığı önemli sonuçlardan birinin, düpedüz yanlış olmasa da safdille söylenmiş abartılı bir ifade olduğu ortaya çıkınca oluşan rahatsızlığın önemli bir payını onun omuzlarına yüklemiş oldu.

“Görünüşe göre yüzlerce insan geni muhtemelen bakterilerden gelen yatay gen transferlerinin sonucudur,” diye yazıyorlardı Konsorsiyum yazarları.²⁶⁷ Bunun belki yakın zamanda gerçekleşmediğini ama omurgalıların evrimi sırasında olduğunu ekliyorlardı. Yüzlerce

insan geni mi? Daha kesin bir ifadeyle sayının 223 olduğunu söylüyorlardı. Lander ve eşyazarların söyledikleri şey, bu bakteriyel genlerin omurgalı atalarımıza soy aktarımıyla değil, kestirme bir yolla bulaşıcı kalıtımla geçmiş olduğuydu. Peki, kanıtı neredeydi? 223 şüpheli gen bakteriyel genlerle çok yakından eşleşmekteydi fakat omurgalı soyların dışında kalan belli ökaryotik yaratıklarda bulunmuyorlardı. Bir mayada, bir kurtçukta, sinekte ve hardal otunda yoktu. Dolayısıyla 223 gen kabaca yarım milyarlık bir evrim süreci boyunca bize dikey yolla aktarılmamıştı. Daha yakın bir dönemde yatay transferle gelmiş olmalıydılar. Öyle mi?

Değil. Steven L. Salzberg ve üç eşyazarın Konsorsiyum'a ait analizden kısa süre sonra yayımladıkları makale illa böyle olmadığını söylüyordu. Salzberg ve meslektaşlarının hepsi Venter'ın TIGR'inde çalıştıklarından, verdikleri yanıtın rekabetin belli izleri vardı. Fakat kendi ayakları üzerinde duruyordu ve *Science* tarafından yayımlanmıştı. Salzberg bizzat TIGR'in biyoenformatik müdürüydü, dolayısıyla büyük biyolojik verileri işleme konusunda bir-iki şey biliyordu. (Eşyazarlardan Jonathan Eisen, daha sonra Davis, California Üniversitesi'nde profesör olacak ve "The Tree of Life" [Yaşam Ağacı] başlıklı etkili blog'un yazarlığını yapacaktı.) Salzberg ve ekibinin iddiasına göre, Konsorsiyum ekibi iki basit hata yapmışlardı. Sözde yatay sıçrama yapan genlerin olası varlığını kontrol etmek için omurgalı soyların dışında kalan diğer ökaryotik genomlara yeterince bakmamışlardı ve bu antik genlerin baktıkları dört genomdan yani maya, kurtçuk, sinek ve hardal otundan basitçe kaybolmuş olma ihtimalini ciddiye almamışlardı. Salzberg ve meslektaşları ek verileri inceleme altına almışlar ve ilginç bir eğilim bulmuşlardı: Omurgasız ökaryotik canlıların genomlarını inceledikçe, eşsiz bir şekilde bakteriler ve insanların paylaştığı genlerin sayısı azalıyordu. Bitirdiklerinde özgün 223 gen 41'e düşmüştü. Nitekim buradaki aşağı yönlü eğilim, mevcut olması halinde ilave genom dizilimleriyle bu rakamın sıfıra ineceğine işaret ediyordu. İnsanlar arasındaki YGT adeta kuru bir hayal gibi görünmeye başlamıştı.

Diğer biliminsanları ve yatay gen transferi konusuyla derinden meşgul olan bazı kişiler bile Salzberg'ten gelen eleştiriye ikna edici

bulmuşlardı. Ford Doolittle ve iki meslektaşı *Science*'ta yazdıkları bir yorumda, aktarılan 223 genle ilgili özgün iddianın şu âna dek İnsan Genom Projesi'nden gelen “en heyecan verici haber” olduğunu ama “muhtemelen aşırı hararetli bir iddia” olduğunu söylüyorlardı.²⁶⁸ Düsseldorf'taki Heinrich Heine Üniversitesi'nde çalışan, yırtıcı zekâsı, önemli fikirleri ve patavatsızlığıyla tanınan önemli Amerikalı biyolog William F. Martin, Konsorsiyum'un iddiasının “en hafif ifadeyle mübalağa, büyük olasılıkla berbat bir abartı ve muhtemelen tümüyle hatalı” olduğunu söyledi.²⁶⁹ *The New York Times* “genom savaşlarındaki bu taze çatışma”yı, insanlardaki YGT üzerine çıkmış olan “Hotly Debated by Rival Scientific Camps” [Rakip Bilimsel Kamplar Arasındaki Sıcak Tartışma] başlığı altında ele aldı.²⁷⁰ Steven Salzberg *Times* muhabirine Konsorsiyum'un 223 yabancı genle ilgili raporu karşısında şaşkınlığa kapıldığını anlatıyordu ama raporu okuyunca, “Hemen bunun bir hata olabileceğini düşündüm çünkü yöntem düpedüz yanlış,” demişti.²⁷¹ *Times*'ın röportaj yaptığı Eric Lander, hatalı olduğunu kabul etmedi ama haklı olduğunu ısrar etmekten de kaçındı.

İşte bilim bu şekilde ilerlemektedir: düzensiz bir tempoyla, iddialar ve eleştirilerle, daha iyi veriler ışığında ortaya atılmış yeni yanıtlarla. 223 gen üzerine koparılan yaygara Lander ve Konsorsiyum için ne felaket, ne skandal ne de büyük bir utanç kaynağıydı. Bir düzeltmeydi. Daha fazla dikkat etmek ve daha geniş düşünmek için yapılmış bir çağrıydı. Gerçek bilimsel atılımları mümkün kılan bir tezatlar birleşimiydi. Herkese bakterilerden (veya diğer mikroplardan) insan genomuna yatay gen transferinin gerçekleşme ihtimalinin ür-kütücü bir şey olduğunu, kimlik algımızı ihlal eden ve karşısına çok büyük bulgularla çıkılması gereken bir olanaksızlık olduğunu hatırlatmaktaydı. Fakat 223 gen olayında parmak basılması gereken diğer husus bu tartışmanın sona ermemiş olmasıydı. Tartışma yeni başlıyordu.

Ağaç Budama Sanatı



Wisconsin'deki Embarrass kenti Wausau ile Green Bay'in tam ortasında yer alır. 1907'de o civardaki bir toprak parçasında, John Krubsack isimli bir adam özenli bir düzenle akçaağaç fideleri dikti ve bunları sandalye şeklini alacak şekilde yetiştirmeye başladı.

Krubsack aynı zamanda çiftçilik yapan bir bankacıydı (veya bankacılık da yapan bir çiftçiydi) ve hobi olarak suların sürüklediği ağaç dallarından mobilyalar yapıyordu. Bir hevesle ve aslında kendi kendine cesaret etmesiyle kendi “canlı sandalyeleri”ni ekmeye karar vermişti. Oğlu daha sonra babasının bir arkadaşına söylediği şu sözleri hatırlayacaktı: “Lanet olsun, bir gün insanın elleriyle yapabileceğinden çok daha iyi ve güçlü bir mobilya parçası üreteceğim.”²⁷² 1908'de genç akçaağaçların gövdelerini ve dallarını eğerek, biçimlendirerek, bağlayarak ve aşılama yaparak onları istediği kalıba sokmaya başladı. Aşılar tutmuştu. Ağaçların gövdeleri çapraz çizgiler oluşturacak şekilde büyüyordu. Krubsack kafasındaki taslağa uymayan fazlalıkları buduyordu. Dört yıl sonra dört tanesi hariç (ortaya çıkardığı sandalyenin dört ayağı hariç) kök salmış gövdelerin hepsini kaldırdı

ve kesime rağmen aşıllı kesitler birbirine girip büyümeye devam etti. Ayaklar, kavrama parçaları, geniş arkası ve kolları kalınlaşıyordu. Yapı giderek güçleniyordu. 1914'te bunu zeminden koparıp aldı. Muhtemelen üzerine oturdu ve büyük bir memnuniyet yaşadı. Başarmıştı. Bir yıl sonra Krubsack'ın sandalyesi San Francisco'da 1915 dünya fuarının yapıldığı Panama-Pasifik Uluslararası Sergi Alanı'nda sergilendi. Birden fazla gazete için İster İnanın İster İnanmayın! başlıklı makaleler yazan gazeteci Robert Ripley, neticede yazısında bahçıvanlık ürünü sandalyeye yer vermişti. Bazıları Krubsack'a bunun için 5.000 dolar teklif etmişlerdi ama o reddetmişti. Sandalye ailede kaldı. Zaman içinde, memleketleri Wisconsin, Embarrass'taki mobilya şirketinin Pleksiglas kasasında korunan totemine dönüştü.

Düşüncesi ve icrası çok zekice olsa da John Krubsack sandalyesini yaratmak için özgün veya ezoterik bir teknik icat etmemişti. Bahçıvanlıkta aşılama rutin bir uygulamaydı ve bugün de yapılmaya devam etmektedir. Bir meyve ağacı genelde bir türün anacından yetiştirilir ve buna başka bir türün üst kesiti (veya filizi/oğulu) aşılanır. Üst kısım alta düğümlenmiş halatlar gibi sabitlenir. Kesikler açar, köklerden birini diğerinin içine sokarsınız. Böylece kambiyum tabakaları (damarlarla suyun taşınmasını sağlarlar) birbiriyle temas eder. Bu alanı şeritle kapatır ve beklersiniz. Anaç muhtemelen kuraklığa veya hastalığa direnmesi için sertliğine, yahut ağaç çok uzamasın diye cüceliğine göre seçilir. Oğul ise meyvenin türü ve kalitesine göre seçilir. Greyfurt portakal anacı üzerinde yetiştirilebilir; ticari armutlar ise genelde ayva anacında yetiştirilir. Kambiyum tabakaları temas kurduğunda ve damar sistemleri birleştiğinde, aşı başarıyla yapılmış olur. Anaçtan gelen su ve besleyici maddeler artık dallara akabilir. Fotosentez yoluyla üretilen karbondhidratlar da artık yapraklardan anaca akabilir. İki ağaç tek bir canlı olur.

Çok nadir de olsa vahşi hayatta bile doğal bir aşılama formu oluşur. Buna inoskölasyon denir. "Öpüşmek" anlamına gelen Latince bir fiilden türetilmiştir. İki ağacın gövdesi veya dalları birbirlerine sürtüp kabuklarını soyduklarında, iki açık nokta oluşur ve bir kambiyumla diğeri birbirine değer. Bu tabakalar öpüşüp kaynaşırlar. Sebepiyo yoğun büyümeler, rekabet ve rüzgâr kaynaklı sürtünmeler

olabilir. Olağandışıdır fakat yaşanan şeylerdir. Yaşanmayan veya çok daha nadir olan şey, *aymı* ağaçtan iki dalın bu şekilde birleşmesidir. Gerçek ağaçlarda dallar dışarıya ve ışığa doğru uzanarak birbirinden ayrılırlar. Kollar birbirinden ayrılır. Daha önce söylemiştim, tekrarlayacağım: Büyüyen her şey birbiriyle birleşmek zorunda değildir. Bir meşenin kolları birleşmez. Kavağın dalları da birleşmez. Firavunincirinin sürgünleri de.

Gerçek ağaçlar ve filogenetik tasvirler arasındaki fark işte budur. Nitekim 1990'larda yatay gen transferiyle ilgili yeni bulgular birikmeye devam ettikçe yaşam ağacı kavramı giderek tatminkâr olmaktan uzak ve daha çok meydan okunulan bir şeye dönüşmüştür çünkü "ağaç" doğru şekli sunamaz olmuştur. Kolları birbirinden ayrılmayıp iç içe büyüyen ağaçlarda ürkütücü ve doğaya aykırı bir yan vardır. İster inanın ister inanmayın.



Edward Hitchcock, kendi yakıştırmasıyla “Hristiyan jeolog,” 1840’lı ve 1850’li yıllarda pre-Darwin’ci, evrimsel olmayan yaşam ağaçları çizdi.

The Edward and Orra White Hitchcock Evrakları, kutu no 24, klasör no 21, Amherst College Archives&Special Co.



Ernst Haeckel (oturan), zoolog ve sanatçı, asistanıyla birlikte Kanarya Adaları’na koleksiyon toplama gezisine çıkarken, 1866. Güçlü Darwin’ci ağaçlar çizdi.

Photos.com.



Fred Griffith, "utangaç ve kendi halinde" tıbbi mikrobiyolog, 1920'lerin sonlarında gizemli dönüştürücü *pabulum*'u keşfetti. Fotoğraf Alvin F. Coburn'e ait. Ulusal Tıp Kütüphanesi'nin izniyle alınmıştır.



Oswald Avery, "profesör," 1944'te genç meslektaşları Maclyn McCarty ve Colin MacLeod ile Fred Griffith'in dönüştürücü *pabulum*'unun DNA olduğunu gösterdi. Tennessee Eyalet Kütüphanesi ve Arşivi'nin izniyle alınmıştır.



İngiltere, Porton Down'daki National Collection of Type Cultures'teyken, bir mikrobiyolog dondurulup kurutulmuş bakterilerin vakumla mühürlenmiş ampullerini kontrol ediyor. Bu cam tüpler içinde bir numune 50 yıla kadar yaşayabiliyor. *NCTC'nin izniyle, Public Health England.*



Joshua Lederberg viral enfeksiyon yoluyla bakteriler arasında yatay gen transferini kanıtlayan bulgular buldu ve 1952'de buna "bulaşıcı kalıtım" adını verdi. *Image S10965, Wisconsin Üniversitesi, Madison Arşivleri.*



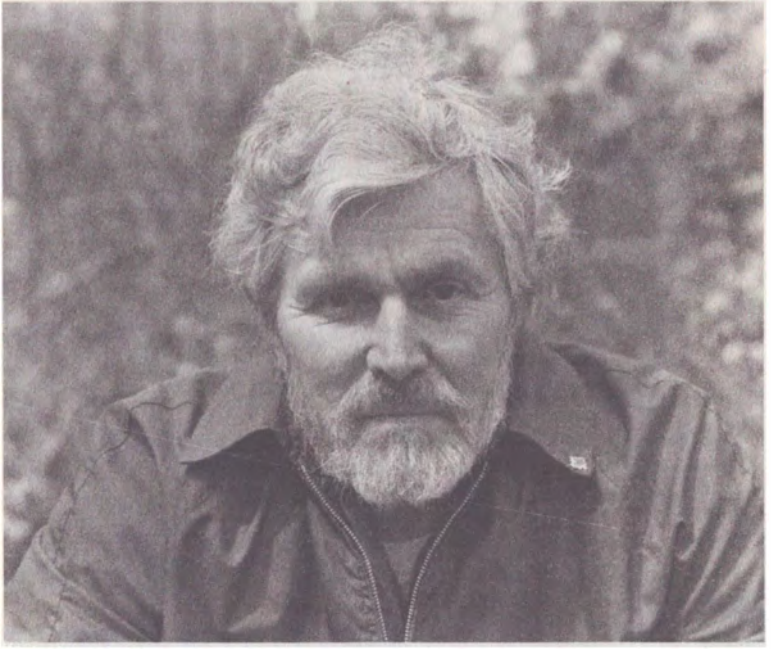
Linus Pauling, Nobel Ödüllü kimyager, 1965'te eşyazar Emile Zuckerkandl'la birlikte şu önermeyi ortaya attı: Yaşam ağacı uzun moleküllerdeki bilgilerden çıkarılabilir. *Ava Helen ve Linus Pauling Belgeleri, Oregon Eyalet Üniversitesi Kütüphanesi'nin izniyle alınmıştır.*



Barbara McClintock, mısırın genetiği üzerine çalışmalar yaptı, hareketli genetik unsurları yani kromozomlarda pozisyon değiştiren ve bazen türden türe atlayan genleri keşfetmesiyle Nobel Ödülü aldı. *Smithsonian Enstitüsü Arşivi. Image #SLA2008-5609.*

Carl Woese ışıklı panoda bir RNA "parmak izi"nin üzerine notlar alıyor, yorucu ama son derece aydınlatıcı bir angarya. Uzun saatler ve aylar sonra kendisine zaman zaman şöyle diyor: "Woese bugün yine beynini yok ettin." *Ken Luehrs'nin izniyle alınmıştır.*





Woese güvendiği arkadaşı ve entomolojist Charlie Vossbrinck'ten eski tarz Linhof kamerasıyla bir dizi portresini çekmesini istedi. Biri akıllara kazınan cinsten.
Charlie Vossbrinck'in izniyle alınmıştır.



Woese, Ralph Wolfe ve Otto Kandler, arkeler üzerine yapılmış dönüm noktası bir konferanstan sonra, Bavyera Alpleri'nde bir dağın tepesinde kutlama yaparlarken. *G. Kandler'in fotoğrafı.*

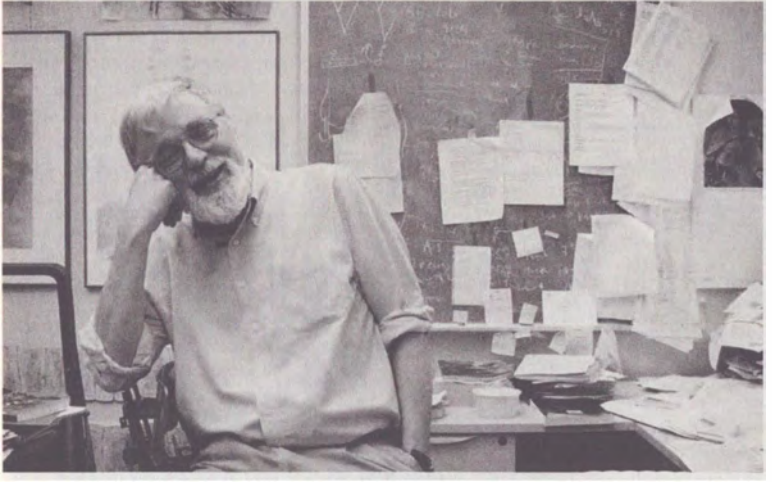


George Fox, Woese'in laboratuvarında uzun, ince, genç bir post-doktora öğrencisi, 1977'de eşyazarlığını yaptığı makalede üçüncü yaşam türünü duyurdular. *Ken Luebrsen'in izniyle alınmıştır.*



Linda Bonen, Woese'in laboratuvarında teknisyen, RNA parmak izlerinin çıkarılmasında hayati görevler üstlendi, yeteneklerini Halifax'taki Ford Doolittle'in laboratuvarına taşıdı.

Linda Bonen'in izniyle alınmıştır.



Ford Doolittle, endosimbiyoz teorisinin doğrulanmasına yardımcı oldu, daha sonra yatay gen transferinin, yaşam ağacının ağaca benzediğini söyleyen Darwin'ci önermeyi son derece zora soktuğunu gördü. *Fotoğrafçı/kaynak bilinmiyor.*



Lynn Margulis, Yellowstone Nehri'nin Büyük Kanyon'unda, 2010'da yapılan bir arazi gezisinde; Edward O. Wilson (ödünç aldığı korucu şapkasıyla), fizikçi Eric D. Schneider (kep giyen) ve yazarla birlikte. *George Keremedjiev'in izniyle alınmıştır, Bozeman, MT.*



Thierry Heidmann, Paris'in güneyindeki Gustave Roussy Enstitüsü'nde, memeli genomlarının yakaladığı viral bir genin hamileliği mümkün kılmada oynadığı hayati rolün açığa çıkarıldığı çalışmaya öncülük etti. *Thierry Heidmann'm izniyle alınmıştır.*



Woese birkaç yakın arkadaşıyla büyük huzur bulan ve keyif alan biri. Harry Noller'ın evinde, meşhur ribozom uzmanı ve bir keresinde profesyonel caz müzisyenliği yapmış biri olarak Woese bazen rahatlamak için piyano çalıyor. *Harry Noller'm izniyle alınmıştır.*

Bu türden anomalileri yansıtan ilk yaşam ağacı muhtemelen, Constantin Merezhkowsky'nin 1910'da yayımladığı makalelerden birine koyduğu bir çizimde, evrimi simbiyogenez üzerinden anlattığı eskizdi. Evet, yine o çılgın Rus pedofilinden bahsediyoruz. Bu ağaç bakterilerin karmaşık hücrelere kloroplastları dahil ederek ökaryotik soylara geçişini, bir koldan diğerine uzanan bir dizi noktalı ve diyagonal çizgi olarak betimliyordu. Lynn Margulis 1970'te yayımladığı *Origin of Eukaryotic Cells* adlı kitabın iç kapağına konmuş karikatürümsü çizimde, yine noktalı çizgilerle aynı şeye parmak basıyordu. Kloroplast geçişinin dışında, mitokondrilerin (bu konuda haklıydı) ve *undulipodia*'ların (bu küçük kuyruklar hakkında muhtemelen yanılmıştı) bakteriyel kökenlerini temsil eden iki geçiş daha vardı. Bu endosimbiyoz vakaları dar anlamıyla –YGT'nin bugün esas olarak anlaşıldığı şekliyle– yatay gen transferi olmamasına rağmen, bakteriyel genomların tümünü ökaryotik soylara taşımaları ve burada yeni işlevler üstlenip yeni olasılıklara kapı açmaları bakımından geniş anlamda böyle bir şeydi. Fakat bu can alıcı endosimbiyozlar (ister iki ister üç olsun) çok uzak geçmişte yaşanmış anormal olayları

temsil etmekteydiler. Süregelen birer süreçten ziyade nadir birleşmelerdi. Dahası şu veya başka sebepten ötürü, biliminsanlarının tüm ağaç metaforunu baştan ele almalarına neden olmamıştı.

Örneğin Carl Woese, 1990'da Kandler ve Wheelis'le sunduğu "evrensel filogenetik ağaç"ında bu çapraz geçişleri görmezden gelmekteydi.²⁷³ Ağacını favori molekülü 16S rRNA ile ökaryotik muadili 18S'ye dayandırırken, diğer genlerin ne zaman ve nerede yatay hareket ettiğini değerlendirme ihtiyacı hissetmemişti. Dolayısıyla Woese'cı ağaç farklılaşmayı, çakışmadan hiç bahsetmeden resmetmekteydi. Fakat o dönemde, yani 1990'ların sonlarında, evrim tarihinde yatay gen transferinin rolüyle ilgili fikirler çarpıcı bir değişimden geçmekteydi. Dolayısıyla bu fikirleri resmeden çizimler de değişecekti.

Bu değişimlerin arkasındaki itici güçlerden biri, DNA dizilimlerini çıkarmaya dönük yöntemler ve araçlarda çarpıcı atılımların olmasıydı. Bu da yeni genom verilerinde adeta bir patlama yaratmıştı. Ustalıkla yürütseler de Woese ve ekibinin 1970'li yıllarda birkaç avuç RNA parçasının dizilimini çıkarmak için attıkları tehlikeli, zahırlı ve zahmetli adımlar, 1990'ların ortasındaki tekdüze ve otomatik operasyonlarla kıyaslandığında Taş Devri'nde yakılmış kamp ateşleri gibi görünmekteydi. 1990'da başlayan ve bahsettiğim gibi hükümetle üniversitenin desteklediği devasa bir konsorsiyum tarafından yürütölmüş İnsan Genomu Projesi, büyük paralar, tıbbi teşvikler ve biz insanların kendimiz için beslediğimiz sonsuz hayranlıkla teknolojik atılımlara hız kazandırdı. Rekabet genom verilerinin hızlı ve (Venter'in grubu için) uygun maliyetli bir şekilde üretilmesine önem verdiği için, Craig Venter'in özel grubuna karşı verilen yarış da buna katkıda bulundu. Bu alengirli yeni makinelerin ve zekice kestirmele- rin önünü açtı. (Carl Woese bizzat bu yeni makinelerden birini almıştı [1986'da teknoloji harikası sayılan ve Applied Biosystems'ın ürettiği ABI370A] ama Woese'in laboratuvarında bunu kullanabilecek insanlar hiç olmadı.)

Bu yöntemleri ve araçları insandan farklı genomların diziliminde kullanmak, gerek pratik uygulamalar gerekse bilimin kendisi açısından bir yan faydaydı. Nitekim her geçen yıl genom dizilimi, daha

hızlı ve kesin hale gelirken ucuzlamaktaydı. Genomların dizilimini çıkarmak gibi devasa bir işi kısıtlayan bir diğer etmen, teknik güçlükler ve maliyetten öte bilgisayarların kapasitesiydi. Büyük bir genomun toplanıp içindekileri analiz etmek için işlem gücü yüksek hızlı bilgisayarlara ihtiyaç vardı. Bilgisayarlar hızlandıkça ve bunları genomların toplanmasına uyarlayan yöntemler geliştikçe bu sorun da aşıldı.

Mikrobiyal genomlar insan genomlarından çok daha küçüktürler ve dizilimlerin otomatik çıkarıldığı ilk günlerde küçük genomlar göze daha az korkutucu geliyorlardı fakat ilkeleri ispatlayan bulgular sunuyorlardı. Venter'in tam genomun çift namlulu dizilmesi olarak bilinen yöntemi, toplanınca genomun tamamını oluşturacak sayıda parçanın rasgele alınıp dizilimlerinin tespit edilmesi ve bu parçaları dizilimlerin çakışma şekline göre yan yana getirilmesinden oluşuyordu. Yapbozları andıran bir yaklaşımdı: *Bakın, burada mavi gökyüzünün bir parçası var ve sanki şu mavi gökyüzü parçasıyla uyuyor gibi. Bakalım birbirlerine uyuyorlar mı. Evet!* Bu Konsorsiyum'un yönteminden daha hızlıydı ve 1995'te Venter'le TIGR'deki meslektaşları, John Hopkins Üniversitesi ve diğer yerlerden ortaklarıyla birlikte, ilk kez serbest yaşayan bir organizmanın (yani bir virüsten çok daha büyük ve karmaşık bir şeyin) genomunu yayımladılar. Bu *Haemophilus influenzae* bakterisiydi yani Porton Down'da gördüğüm ve Alexander Fleming'in burnundan alınıp kültürlenmiş türle aynı mikroptu. Venter ve ekibi genomun 1.830.137 harf uzunluğunda olduğunu buldu ve yöntemlerinin sınırlarını en iyi şekilde zorlayarak her harfi tanımladı: Raporları *Science*'ın kapağında duyuruldu.

Bir başka büyük hadise sonraki nisan ayında, farklı bir ekibin bira mayasına ait genomun okunmasında başarı elde etmeleriyle yaşandı. Bira mayası sizin veya benim için kulağa heyecan verici gelmeyebilir –karizmatik dev bir hayvan değildir– ama bir ökaryottur ve daha önce ökaryotik bir genomun dizilimi hiç eksiksiz bir şekilde çıkarılmamamıştı. Dolayısıyla bira mayasının genomu, o zamana dek üretilmiş diğer eksiksiz genom dizilimleri içinde insan genomuna en yakın olandı. Ayrıca ortalama bir bakterinin genomundan bir nebze daha büyüktü. Bu ayrımlar ve bir de insan genomunu çıkar-

mak için verilen, bir yanda Venter ekibinin, diğer yanda Konsorsiyum'un olduğu yarışın gergin atmosferi; birbirinden uzak ülkelere yayılmış uluslararası bir ekip olarak üçüncü bir grubun raporunu bilimsel bir dergide yayımlamadan önce duyurusunu neden basın açıklamasıyla yaptığını açıklar niteliktedir. *Hey bakın, bir ökaryotun dizilimini çıkardık ve çok kısa süre içinde ayrıntıları yayımlayacağız!* Keşiflerin hızı ve rekabetin harareti artıyordu.

Sadece dört ay sonra yani Ağustos 1996'da, Venter ve mesai arkadaşlarının oluşturduğu koca bir ekip, Carl Woese'in üçüncü yaşam âlemi olan arkelerden bir üyenin ilk kez eksiksiz genomunu çıkarıp yayımlayarak ilgiyi tekrar üzerlerine çektiler. Bu mikrop, ilk olarak Pasifik Okyanusu'nun dibinden alınmış bir tortu numunesinden yalıtılmış, sıcaklığı seven ve metan üreten *Methanococcus janaschii* idi. Bu numuneyi deniz tabanındaki termal bacaların etrafında kullanılan bir dalgıç robot, Doğu Pasifik dağ sırası yakınlarında 8.000 fitten derinde kalan bir noktadan çıkarmıştı. O dönemde bilinen birçok başka arke gibi, uç koşulların olduğu bir çevreye ait tuhaf ve küçük bir yaratıktı. Yine *Science*'ta yayımlanan ve başarılarını duyuran makaleye, Woese'in ismi, kendisini onurlandırmak adına kıdemli eşyazarlardan biri olarak verilmişti (40 kişilik listede, Venter'in hemen önünde sondan ikinci sıradaydı). Venter'i bu çalışmaya başlaması için ikna eden oydu. Urbana'da birlikte çalıştığı genç ve yetenekli Gary Olsen de eşyazarların arasındaydı ama listenin geri kalanı ağırlıkla Venter'in TIGR'deki ekibinden oluşuyordu. İlk arke genomunun, işe yaramaz ABI 370A'sıyla kendi laboratuvarından değil de Venter'in enstitüsünden gelmesi kendisi için hem acı hem de tatlı bir olay olmalıydı.

Janaschii genomu 1.739.933 harf uzunluğundaydı ve içinde gen görünümü 1.738 kesit bulunmaktaydı. Bu genlerin yarısından fazlası bilim dünyası için tümüyle yeniydi. Diğer yaşam formlarında benzerlerine hiç rastlanmamıştı. Emsalsizliğin derecesi, Woese'in 1977'den bu yana söylediği ama bazı dar kafalı biliminsanlarının ayak dirediği şu gerçeği fazlasıyla doğrular nitelikteydi: Arkelerin ayrı bir yaşam formu olduğu. Raporla birlikte sunulacak haber için *Science*'ın yorum yapmasını istediği önde gelen bir mikrobiyoloğa

göre, eski iki krallıklı paradigma artık “paramparça” olmuştu. “Ders kitaplarını baştan yazma zamanı geldi.”²⁷⁴

Ford Doolittle da aynı görüşteydi. *Science*’a “Bu temel seti tamamlıyor,” demişti.²⁷⁵ Kastettiği şey bakteri, ökaryot ve arkeona karışık gelen üç eksiksiz genom dizilimi idi. “Ve bu sebeple kesinlikle önemli bir etkisi olacak.”

Oluşmasına katkıda bulunduğu etkilere biri, adeta bir balta ağzı gibi ağaç fikrinin üzerine inmişti. Özellikle de Carl Woese’in ribozomal RNA’lardan yararlanarak ve bunları yaşamın sürekli dalanıp budaklanan tarihinin kesin sinyalleri olarak okuyarak çizdiği ağacı etkilemişti. Önce ilk bakteriye, ardından ilk arkeye ve peşinden diğer organizmalara ait eksiksiz genom dizilimlerinin çıkarılması, yatay gen transferlerinin yaşandığı vakaları daha çok açığa sermiş, ağaç resmini karmaşık hale getirip dalları iç içe sokmuştu. Sonraki iki yıl içinde, yani 1998’de, bir düzineden fazla mikrobun ve bir başka ökaryotun, yani iplik kurdunun da dizilimi çıkarılmıştı.

Bu genomları inceleyen biliminsanları tekil genomlar içinde, bakteriyel genler ile arkelere ait genlerin kafa karıştırıcı bir şekilde iç içe geçtiğini gördüler. Sanki bir deste tarot kartı bir poker destesinin içine karılmış gibiydi. Ara sıra bakterilere veya arkelere ait birkaç gen ökaryotlar arasında da bulunuyordu. *Science*’tan bir başka muhabir, Elizabeth Pennisi öyküyü ele aldı ve büyüyen kafa karışıklığını aktardı. Bu noktada Woese bile yatay gen transferi üzerine kafa yormaktaydı fakat ona göre bu ağırlıkla evrimin erken dönemleriyle sınırlı olan, hücresel yaşamın yeni yeni biçimlendiği ve henüz ayrı soylarla türler yaratmadığı döneme ait bir fenomendi. Bulanık bir dönemdi ve YGT o dönemlerde bu bulanıklığın parçasıydı. Pennisi yapacağı haber için Woese’la konuşmuş ve bu hususta onun sözlerini şöyle alıntılamıştı: “Tüm bu değiş tokuşlar sebebiyle bu filogenileri anlamlandırmanız imkânsız.”²⁷⁶ Muhtemelen o erken dönemlerde yaşanan “değiş tokuş”lardan bahsediyordu ama bu ayrım Pennisi’nin makalesinde yer bulmamıştı.

Başka bir kaynak, başka bir bakterinin dizilimini çıkarmada katkı sunmuş ve filogenetik ilişkilerini muğlak bulmuş moleküler

genetikçi Robert Feldman, Woese'ın rRNA ağacına duyduğu inanç karşısında yükselen güvensizliğin sözcüsü olmuştu. Feldman, “Kullanılan gene göre farklı filogenetik konumlar elde edersiniz,” –farklı genler farklı ilişki ağaçları verir– diyordu ve sebebini de şöyle açıklıyordu: “Her genin kendi tarihi vardır.”²⁷⁷ Her genin kendi tarihi varsa, Woese ne kadar temel konumda olsa da tek bir molekülden böyle muazzam sonuçlar çıkarmakla hata yapmıştı ve evrimin izlediği rotayı tertipli, bütüncül bir görselle aktarmak imkânsızdı. Pennisi bunu görmüştü. Yazısı Mayıs 1998’de şu başlıkla yayımlandı: “Genome Data Shake Tree of Life” [Genom Verileri Yaşam Ağacını Sarıyor].

Ford Doolittle bu yeni düşünce çizgisini yavaş yavaş benimsedi. Yatay gen transferinin yaşam tarihi içinde devasa ve beklenmedik bir rol oynayabileceğini –ve hâlâ oynamakta olduğunu– söyleyen düşünceye kuşkuyla bakıyordu. Evet, antibiyotik direncinin bir bakteri türünden diğerine yayılmasını sağlayan bir mekanizma olduğunu görebiliyordu. Ama ya bunun ötesinde? Tekhücreli organizmaların işlevinde daha temel yer tutan diğer belli başlı genlerin, neden yaşam ağacının yanlış kollarına aitmiş gibi göründüklerini açıklıyor muydu? Tek tek daha fazla genin dizilimi çıkarılıp eksiksiz genomlara ulaşıldıkça bu anomalilerin sayısı katlanarak artıyordu. Fakat bakteriyel bir genin veya buna benzer bir şeyin neden bir arkeonda görüldüğünü ya da tam tersi arkeon geninin neden bakterilerde görüldüğünü açıklayan alternatif açıklamalar vardı. Alternatif açıklamalar bu tür olağanüstü sıçramalara gerek duymuyordu. Bu denli çarpıcı ve mantığa aykırı değillerdi. Yatay gen transferi göze hâlâ, son derece olasılık dışı kalan, çok nadir gerçekleşebilecek bir olaymış gibi geliyordu. Nitekim Doolittle bunu “yoksul hayal gücünün son çaresi” olarak adlandırdığını hatırlıyordu.²⁷⁸

Kimi biliminsanlarının aksine Ford Doolittle, hatalı olduğunu itiraf ederken onu rahat kılan objektif bir şaşkınlık haliyle saf merakın karıştığı bir alan içinde yaşıyordu. Bu iyi bir bilim görgüsüydü, hatta bilimsel bir ideal olduğu da iddia edilebilirdi: Hipotez kurarsınız, verilerle sınarsınız, gerekli olması halinde egonuzu hiçe sayarak görüşlerinizi düzeltirsiniz, tekrar hipotez kurarsınız. Pot kırdığınızda ve geri dönmeniz gerektiğinde bunu kabul edersiniz. Doolittle işte bunu hayata geçiriyordu. İki meslektaşının etkisiyle ve onların ele alması için kendisine ilettiği tüm yeni verilerle YGT'ye dair görüşlerini gözden geçirmeye başladı. İçlerinden biri kendi laboratuvarında çalışan bir post-doktora öğrencisiydi.

James R. Brown British Columbia'da moleküler evrim ve mersinbalığının popülasyon genetiği üzerine çalıştığı Simon Fraser Üniversitesi'nde doktorasını tamamladıktan sonra doğuya, Halifax'a gelmişti. Brown her zaman balıklara tutkun bir çocuktü. Ontario'da içleri ciklet ve melek balıklarıyla dolu akvaryumlarla ve deniz biyolojisine duyduğu büyük ilgiyle büyümüştü. Yaz tatillerinde şnorkelle soğuk Ontario sularında yüzer, televizyonda Jacques Cousteau'yu izler ve denizle ilgili kitaplar okurdu. Diplomasını deniz biyolojisi alanında almasının ardından, tekrar okula dönmeyen önce Büyük Göller ve Arktik'te Kanada hükümeti için deniz sahası teknisyenliği ve scuba dalgıç olarak çalıştı. Doktora tezinde çalıştığı mersinbalığı grubunun içinde bazı büyüleyici balıklar vardı: İlkel özellikleri olan uzun ömürlü hayvanlar ve tanınan ataları 200 milyon öncesine kadar geri uzanan balıklardı. Brown doktorasında, nüfusları içindeki genetik çeşitliliğin ölçütü olarak, mitokondriyal DNA'ya odaklanmıştı. Bu süreçte filogenetik ağaçlar çizmek için moleküler verileri nasıl kullanacağına dair bir şeyler öğrenmişti. Bu becerilerini Doolittle'ın laboratuvarına taşımış, 1990'larda mersinbalığı popülasyonlarından öte bakteriler, arkeler ve ökaryotların moleküler filogenetiğini içine alan bir dizi projede ve yayında patronuna yardım eder olmuştu.

Brown'ın projesi, evrensel ağacın kökünün nasıl bulunacağıyla ilgiliydi: Bakteriyel kol ile ökaryotların üzerlerinden tali bir dalla ayrıldığı arkelerin kolu arasında orta bir yerde mi olmalıydı? Ya da olmamalı mıydı? Ayrıca tek bir temel genden hareketle bu çıkarılabilir

miydi? Örneğin belli bakterilere arkelerden yatay transferle geçmiş gibi görünen bir geni incelemişlerdi. Diğer genlerin, kökeni tespit etme sorusuna başka yanıtlar verdiklerini biliyorlardı ve olası ipuçları için bağlantılı birkaç farklı gene de bakmışlardı. Genlerin koldan kola sıçradığı yatay gen transferinin, kökeni tespit etme meselesini (ve diğer şeyleri) bu denli cevaplanması güç bir soruna dönüştürebileceğini anlıyorlardı. Brown ve Doolittle, iki başka eşyazarla birlikte şöyle yazmışlardı: “Kapsamlı gen transferi, hücrel evrimin erken aşamasında, hücrel soy kavramının kendisini riske atacak kadar önemli bir rol oynamış olabilir.”²⁷⁹ Anlamı şuydu: *Kabretsin, belki tek bir yaşam ağacı bile yok. Veya yaşamın tarihi çizilecek olsa, belki bir ağaca bile benzemeyecek.* Ford Doolittle yelkenleri suya indiriyordu.

Onu etkileyen diğer unsur, bitki fizyolojisi alanında eğitim almış, Almanya doğumlu, 1987’de Amerika’ya gelmiş ve ilgi alanını moleküler erken dönem evrim çalışmalarına kaydırmış meslektaşı Peter Gogarten’di. Gogarten, Amerika Birleşik Devletleri’ne gelişinden itibaren Carl Woese’la ve üç âlemle kendi ilginç deneyimlerini yaşamış bir isimdi. California’da post-doktora yaparken, laboratuvarındaki ekip lideri ve diğerleriyle işbirliği içinde, yaşam ağacına ait köklerin nerede konumlandırılmasını belirleyecek bir yöntem geliştirmişti. Yanıtları şuydu: İçinden biri bakterileri temsil eden, diğeri öteki canlıların tamamını kapsayan iki ana kolun çıktığı gövdenin altına. Ya bu sebepten (üç değil iki ana kol olması) ya da başka nedenlerden ötürü Woese Gogarten’in makalesini umursamamış, 1990’da Kandler ve Wheelis’le birlikte yazdığı sembolleşmiş makalesinde (açıkça bağlantılı olmasına rağmen) anlamlı bir şekilde atıfta bulunmaktan kaçınmıştı. Connecticut Üniversitesi’nde yeni asistan profesörü olmuş, kadro almak için fazladan yayına ve tanınırlığa ihtiyaç duyan genç Peter Gogarten için tatsız bir durumdu.

İki adamın yatay gen transferi üzerinde kafa kafaya verdiği dönemde Gogarten’in Ford Doolittle’la ilişkisi daha parlaktı. Aralarındaki etkileşim, Doolittle’ın 1994’te Gogarten’i özel olarak tartışmak ve seminer vermesi için Halifax’a davet etmesiyle başlamıştı. Gogarten diğer şeylerin yanı sıra arkelerden bakterilere geçen gen aktarımlarından ve “yaşam ağı”nın evrimsel tarihi yaşam ağacından daha iyi

tarif edebileceğinden bahsetmişti. İki yıl sonra ikisi de, İngiltere'deki Warwick Üniversitesi'nde düzenlenen büyük bir mikrobiyoloji toplantısına katılmışlardı. Doolittle'ın bu toplantıda yaptığı konuşma onun hafızasında, yine yatay gen transferinden, yani bakteriler ve arkeler arasındaki büyük mikrobik ayrımı yatay hareketle aşan genlerden bahsetmiş Gogarten'in konuşmasından daha cansız bir yer tutmaktaydı. Halifax'ta söylediklerini daha geniş bir kitle önünde tekrarlayan Gogarten'in ifadesiyle, yeni keşfedilmiş olan bu aktarımlar görünüş itibarıyla öyle çoktu ki, türlerin filogenisi artık bir ağacı andırmaz hale gelmişti. Her halükârda yeryüzündeki yaşamın erken aşamaları için geçerli olmaktan çıkmıştı. Daha çok bir ağı andırıyordu. Evrim dallanıp budaklanmanın yanı sıra "ağ gibi örülen" bir şeydi. Ford Doolittle pür dikkat dinliyordu ve söylenenleri kabul etmeye yatkındı.

Halifax'a döndüğünde Jim Brown, Doolittle'ı aynı yöne ikna etti. Nitekim yeni dizilim verilerinin akışı ağacı her geçen gün daha da arapsaçına dönüştürüyordu. 1997'de Doolittle ve Brown birlikte, tüm yaşam formları için hayati konuma sahip 66 farkı proteine ve bu proteinlerin yansımasını çeşitli bakteriler, arkeler veya ökaryotlardan alınmış 1.200'ü aşkın farklı gen diziliminde göstermiş olan farklı değişkenlerine bakarak büyük bir ağaç oluşturma çabasına giriştiler. Bu dizilimlerin çoğu herkesin erişimine açıktı. Brown ve Doolittle bunları veritabanlarından indirmişler ve karşılaştırmalı analizlere tabi tutmuşlardı. 66 proteinin her biri için tek tek, farklı yaratık soyları içinde nasıl ayrı değişkenlere evrildiklerini gösteren ağaçlar çıkardılar. Her proteinin, bırakın hatırlamayı, sizin veya benim güc-bela telaffuz edebileceğimiz isimleri vardı: Örneğin triptofanil-tRNA sentetaz gibi. Bunun bir versiyonu insanlarda, diğeri ineklerde, bir başkasıysa *Haemophilus influenzae* bakterisinde bulunuyordu. Hepsi farklıydı ama esasında aynı proteindi. Neden bu denli evrensel bir şeydi? Çünkü çok basit bir araçtı ve çevrim süreci içinde üçlü kodları aminoasitlerle bağlamada oynadığı rolle tüm yaşam formları için zorunlu bir unsurdur. Brown ve Doolittle'ın seçtiği diğer 65 proteinin içinde, DNA onarımıyla uğraşan, solunumla bağlantılı olan, metabolizmaya adanmış proteinlerin yanı sıra ribozomlarda ve diğer birçok şeyde kullanılan yapısal proteinler vardı. Yayımladıkları ma-

kalede 66 ağacın tümü basılmış haldeydi. Öyle ki metinlerin oluşturduğu makaleler adeta bir ormanın veya en azından çok yeşillikli bir banliyönün içine yerleştirilmiş gibiydi. Bu uygulama aydınlatıcı bir gerçeği su yüzüne çıkarmıştı: Ağaçlar eşleşmiyordu.

Çok fazla anlaşmazlık vardı. Büyük kısmı birbiriyle uyuşmaktaydı –farklı yerlerde farklı dallar filizleniyordu– ve uyuşmazlık Carl Woese’in sözümona kanonik hale gelmiş 16S rRNA ağacı için de geçerliydi. Çıkan mantıksal sonuç, genlerin tek tek ayrı akrabalık soylarına sahip oldukları, illa o an içlerinde bulundukları organizmanın soyuyla örtüşmek zorunda olmadıkları şeklindeydi. Robert Feldman’ın kısa süre sonra muhabir Elizabeth Pennisi’ye söyleyeceği şeyle aynıydı: “Her genin kendi tarihi vardır.” Peki, bu nasıl mümkündü? Yatay gen transferiyle. Yaratıklar kendilerini dikey olarak yeniden üretirken –insanlar insanları, maya mayayı, *Haemophilus influenzae* daha fazla *Haemophilus influenzae* üretirken– genler bazen yanlara kayıyorlardı. Kendi bencil çıkarları ve fırsatları vardı.

1998’de Ford Doolittle, bu sahada yeni gelişmeler olduğunda bilim muhabirlerinin yorumunu almak için hemen kapısını çaldıkları uzmanlardan biri olmuştu. Seçkin bir araştırma geçmişi vardı, tüm olaylara ve oyuncuların çoğuna hâkimdi. Telefonunu açar ve üsluplu bir şekilde soruları yanıtlardı. *Science* dergisinin muhabirleri özellikle kendisini çok seviyorlardı. İçlerinden biri Craig Venter’in bir bakteriyle ilk kez eksiksiz bir şekilde çıkardığı genom dizilimini haberleştirmiş, diğeriyse bir yıl sonra arke diziliminin raporunu çıkarmıştı. “Genome Data Shake Tree of Life” başlıklı yazısında, Elizabeth Pennisi de birkaç kez Doolittle’dan alıntı yapmıştı. Fakat 1999’da *Science* editörleri kendisinden biraz farklı bir ricada bulundular.

Evrım konusu üzerine özel bir sayı hazırlamaktaydılar. İçinde bir dolu makale olacaktı. Her biri biyolojinin belli bir alanını geniş bir açıyla inceleme altına alacak, incelemeler evrimsel bir perspektifle yazılacak ve yazarların içinde Stephen Jay Gould’la David Jablonski gibi seçkin şahsiyetlerin yanı sıra daha az tanınan biliminsanları da olacaktı. İncelemeleri, nükleik asit yapısından dinozorlara çok çe-

şitli bir konu ve ölçek yelpazesini kapsayacaktı. Editörler nazikçe Doolittle'dan evrim ve mikrobiyoloji üzerine makale yazmak için birini önerip öneremeyeceklerini sordular. O da şu yanıtı verdi: Bana ne dersiniz?

Neyin gelebileceğini bilmeden kabul ettiler. Doolittle'ın kendisine göre *Science*'taki editörler gafil avlanmışlardı ve hayır demek kaba olacağından evet cevabını vermişlerdi. Kendi deyimiyle istemeden “kendi reklamını yapmasını” kabul etmişlerdi.

Yıllar sonra bana “Bu konu üzerine yazmak istiyordum,” demişti. “Bu konu”yla kastettiği yatay gen transferi ve yaşam ağacıydı. Bir tür manifesto yazma zorunluluğu hissediyordu. “Ve bu konuda çok hevesli değillerdi. Fakat tam olarak... bence nasıl cayabileceklerini bulamamışlardı.” Eğer makaleler üzerine yorum yapacak ve yazar önerisinde bulunacak otoriteye sahipse, doğrudan inceleme yazacak ve mikrobiyolojinin güncel unsurları içinde en ilginç, en önemli olanlarını seçmesini sağlayacak otoriteye neden sahip olmasındı ki?

Böylece *Science*'ın 25 Haziran 1999 tarihli sayısında, Doolittle'ın “Phylogenetic Classification and the Universal Tree” [Filogenetik Sınıflandırma ve Evrensel Ağaç] başlıklı derleme makalesi yer almış oldu. O âna dek yayımlandığı en kıskırtıcı yazıydı. Yatay gen transferini yeni bir tartışmanın merkezine koyuyordu. Dahası yazıyı dikkat çekici kılan şey sadece Doolittle'ın sözcükleri değil, çizimliydi. Daha sonra bana, eliyle çizdiği bu ağaçları kabul ettiklerinde şaşkınlıkla memnun olduğunu söylemişti. “Normalde dergiler böyle yapmazdı. Ofiste yavan bir güne veya başka bir şeye denk gelmiş olmalıydı.”

Metnine uzun bir bakışla başlıyordu. “Organizmaları sınıflandırma dürtüsünün geçmişi, ‘doğal düzen’i yansıtacak sınıflandırmayı bulma arzusu kadar eskidir.”²⁸⁰ Biyoloji üzerine yazılmış tarih kitapları, bu öyküyü Aristoteles’e kadar geri götürerek ve Linnaeus’a kadar taşıyarak aktarıyordu. Fakat “doğal düzen”e yaptığı atıf, Doolittle'ın bu düzenin ne kadar muğlak olduğunu söylemek için kullandığı ilk ipucuydu. Makaleyi yazma amacı bu muğlaklıkları en uç mantıksal sonuçlarına kadar götürmekti.

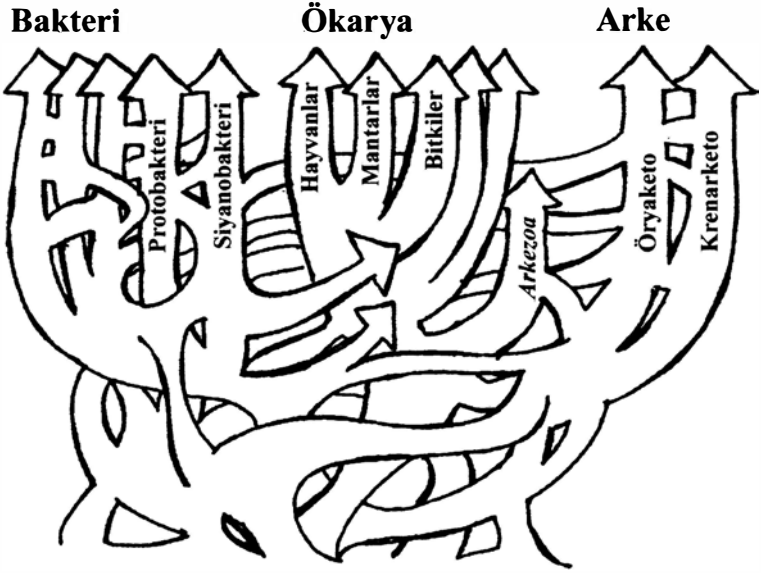
Evrimsel filogenetiğin yükselişini tarif ediyor ve Darwin'in *Türlerin Kökeni*'ndeki dallanıp budaklanan şemaya yeniden yer veriyor ve bu şemanın (Darwin'in "büyük ağaç" benzetmesi üzerine yazdığı bölümle birlikte) ağaç imgesini evrimsel düşünceye sokan şey olduğunu belirtiyordu. Modern filogenetikteki büyük değişime şöyle işaret etmekteydi: Morfolojiden moleküler bulgulara geçilmesi, keşiflerde baştan aşağı yeni bir boyut açmıştı. Endosimbiyoz teorisile iki temel ilkesinden –mitokondrilerin ve kloroplastların ökaryotik soylara yakalanmış bakteriler olarak girdikleri– ve bu ilkelerin moleküler verilerle doğrulandıklarından bahsediyordu. Yaşamın üç âlemlî ağacına temel olması için sadece ribozomal RNA'ları seçmiş Woese'in rolüne vurgu yapıyordu. Hatta Doolittle bir resim çizmişti: Woese'cı ağacın karikatürü. Kalın dalları "bakteri", "ökarya" ve "arke" adlı üç temel küme halinde yukarıya doğru yükseliyordu. Her dalın ucu sivri bir ok gibiydi ve dikey olarak geleceğe yönelmiş durumdaydılar. Bu dikey oklara ek olarak, yanlara çapraz çizgiler iliştirilmişti: İlk bakterilerden ilk ökaryotlara uzanan bu çizgiler, endosimbiyozun iki önemli ânını, kloroplastlar ve mitokondrilerin kökenlerini temsil ediyorlardı. Bunu basitçe "Woese'in" modeli olarak değil de "mevcut konsensüs"e ait model olarak adlandırmıştı.²⁸¹ Sonrasında da Doolittle şu soruyu soruyordu: Bu ne kadar doğru?

Yanıtı şöyleydi: Muhtemelen yeterince doğru değil. Dahası sorun yatay gen transferiydi. Mikrobiyologlar uzun süredir, ta Joshua Lederberg, Oswald Avery ve diğerlerinden beri YGT'nin farkındaydılar. Fakat filogenetikçiler için dikey soyların resimlerini ve şemalarını çizmek büyük güçlükler barındırıyordu. Doolittle esas olarak ikinci gruba, yani filogenetik izleri takip etmeye uğraşan bilim insanlarına seslenmekteydi. Kendi ifadesiyle, yeni bulguların doğruluğu kanıtlanırsa ve YGT'nin nadir bir şey değil de, en azından bakteriler, arkeler ve ilk ökaryotlar arasında aşırı yaygın bir fenomen olduğu görülürse, Woese'in –artık konsensüs modeline dönüşmüş– ağacı feci derecede hatalı ve eksik çıkacaktı.

Peter Gogarten, James Lake, Sorin Sonea ve diğerlerine atıfta bulunarak bu yeni bulgulardan bazılarına değiniyordu. Örneğin biyolojide üzerine en çok çalışılan mikrop *E. coli*'nin "moleküler arke-

oloji”sine bakan iki araştırmacı, yakın zamanda beklenmedik bir bulgu raporlamıştı: Genomunda en az 755 genin yatay transferle alındığı, bunun kromozal DNA’larının yüzde 18’ine tekabül ettiğini bildirdiler. Dahası bu transferler evrimin erken aşamalarında değil daha yakın zamanda yaşanmış, *E. coli*’ye normalde sahip olamayacağı adaptasyon becerileri katmıştı. Düsseldorf’taki Heinrich Heine Üniversitesi’nde çalışan parlak ve patavatsız Amerikalı William F. Martin, bu *E. coli* sonuçlarında “oldukça uğursuz bir şeyler” olduğunu söylemişti.²⁸² Eğer bir bakterinin içine “görece yakın zamanlı” bir dolu transfer girmişse, Martin jeolojik zamanın derinlikleri içinde ve tüm bakteriler arasında bu tarz yatay transferlerin kaç kez yaşandığını merak eder olmuştu. Kaba yanıtı “sayısız kez”di. Martin yorumlarını “Mosaic Bacterial Chromosomes: A Challenge En Route to a Tree of Genomes” [Mozaik Bakteriyel Kromozomlar: Genomların Ağacına Giderken Bir Meydan Okuma] başlıklı makalede toplamış ve Doolittle’in derleme makalesinden kısa süre önce yayımlamıştı. Martin bu yatay transferlerin, genomik bir yaşam ağacını çizme çabalarına meydan okuduğu uyarısında bulunuyordu. Doolittle aynı mantığı takip edip meydan okumayı kabullenerek şunu soruyordu: Ağaç neye benziyor olabilir? Başka bir eskiz çizmişti ve kendisini şaşırtan bir gelişme olmuş, *Science* editörleri bunu yayımlamıştı.

Bunu “ağsı bir ağaç” olarak adlandırmıştı.²⁸³ Yükselip birbiri içine giren, budaklanıp birleşen dallardan oluşan bir arapsaçıydı. Öncülü (Doolittle’in da kabul ettiği gibi) Martin’in “Mosaic” makalesinde öne attığı benzer bir çizimdi. Martin’in ağacı, okyanus tabanında mercanları andıran hayvan kolonilerinin inşa ettiği narın yapılarından deniz yelpazesini andırıyordu. Uzun kolları ve dalları basit bir tabandan dallanıp dalgalı bir şekilde yükseliyordu. Renkli, pastel tonlarla resmedilmişti ve ince dallardan bazıları birleşiyordu: Turkuaz ve eflatun renkleri birleşip mora dönüşmekteydi. Buna karşılık Doolittle’in eskizi siyah beyazdı ve daha hantaldı. Kaba bir tükenmez kalemle serbestçe çizilmişti. Aşağıdan yukarıya çok daha karmaşık yapısıyla, kolları birleşebilecek olsa mangrov çalılıklarına benziyordu. Öyle karmaşık ama öyle akışkan ve tuhaftı ki, neredeyse komik bir görünümü vardı. John Krubsack’ın bir iddiaya girip, Wisconsin, Embarrass yakınlarındaki arazide bir küme akça ağaç fida-



Bakteri-ökarya-arke Doolittle'ın ağsı ağacı, Doolittle'ın çizimiyle, 1999.

nıyla yetiştireceği bir şeye benziyordu.

Yine de Doolittle'ın ikinci şeması çok daha basitti: Bir başka karikatürden ibaretti. Sayısız gövdeyle sayısız kökten çıkıp yükseliyor, ardından birden çok kola ayrılıyordu ama sayıları o kadar da çok değildi ve kökler tanımlanmamıştı. Çelişkiyi aktarıyordu ama ayrıntılardan yoksundu. İmalıydı ama gerçekçi değildi. Güçlü ve etkili bir tuhaflığı vardı. Belki, Doolittle'ın çiziminin yanı sıra metninde söylediği gibi, yaşamın tarihini sıradan bir ağaç olarak resmetmek imkânsızdı.

1999 tarihli makale birkaç açıdan sembolik bir dönüm noktasıydı ve bunlardan biri yatay gen transferini ciddiye almasının yarattığı etkiydi. William F. Martin daha sonra şöyle diyecekti: “Bunun devasa bir etkisi oldu. Barajı yıktı.” Birdenbire YGT adeta ana akıma ait bir fikir oldu. Bir halisünasyondan, yapay veya garip bir şeyden ziyade, en azından mikrobik evrim içinde büyük öneme sahip süregelen –ele alınıp tartışılması zorunlu– bir sürece dönüştü.

Doolittle’ın 1999’da yazdığı makaleye başka ve daha kişisel bir açıdan baktıran şeyse, kendisi ve Carl Woese arasındaki arkadaşlıklarının sonuna damga vurmasıydı. Arkadaşlıkları birkaç yıl önce şu tek kelime yüzünden zaten gergin bir noktadaydı: *Prokaryot*. Doolittle bakteriler ve arkelerin birlikte gruplandırılmasını sağlayacak kategoriye isim olması için bunun kullanılmasında ısrar ediyordu. Woese ise bu sözcükten nefret ediyordu çünkü en büyük keşfi, bu ikisinin asla birlikte gruplandırılmaması *gerektiğine* işaret ediyordu. Dolayısıyla Doolittle, Roger Stanier’in eski yaklaşımıyla ökaryotlara karşı prokaryotlar üzerine yazı yazınca, bu Woese tarafından bir hakaret ve sataşma olarak algılanmıştı. Ardından 1999 tarihli derleme

makalesi geldi. Doolittle buradaki spekülâtif tonuyla, Woese'in kariyerine ait temel önermelere çok daha dolaysız bir şekilde meydan okumaktaydı. 16S rRNA'nın (ve ökaryotlardaki muadili 18S'nin), eşsiz derecede istikrarlı bir molekül olduğu, hücrelerin tamamında yatay transfere maruz kalmayacak kadar temel bir rol oynadığı doğru muydu? Dolayısıyla bu rRNA moleküllerinin eşsiz derecede kesin bir yaşam ağacının delili olduğu doğru muydu? Woese doğru olduğunu söylüyordu. Doolittle'in söyledikleriyse şöyleydi: Himm, muhtemelen değil ama belki de kesin bir yaşam ağacı diye bir şey *yoktur*.

Son yıllarında Woese'a çok yakın olmuş tarihçi Jan Sapp, bana Woese'in kendisine ihanet edilmiş gibi hissettiğini, Doolittle'in neden kendisine karşı döndüğüyle ilgili kafasında çok karanlık teoriler kurduğunu anlatmıştı. Woese Doolittle'i, neticede Fred'in Urbana'da genç bir post-doktora adayı olduğu günlerde tanımıştı ve birlikte çok kez bira içmişlerdi. Woese Linda Bonen'i hayati vasıflarıyla birlikte, Halifax'a Doolittle'in yanına yollamış, böylece onun erken dönemlere ait en iyi çalışmalarından bazılarını mümkün kılmıştı. İki adam birçok ortak meraka ve fikre sahiplerdi. Bu dostane geçmiş, Woese'in tepkisine bir miktar "Sen de mi Brutus," havası katıyor gibiydi. Bilim bazen belirttiğim gibi cüzi ve duygusal bir hal alır. Özellikle de kendinizi Illinois'nin taşrasında bir devlet üniversitesinde, yalıtılmış ve görmezden gelinmiş bir deha olarak görüyorsanız belki bu çok daha güçlü hale gelir. Keza, Lynn Margulis'in kullanmayı sevdiği (ve Woese'in tiksindiği) terimle "Woese'in Ordusu" diye bir şey olmuşsa, Doolittle artık kendini firar etmiş sayabilirdi. Fakat Woese'in kıskançlık ve ihanetle bezeli karanlık teorilerini kenara atarsak, ordunun saflarından ayrılmasının sebebi çok basitti: Yeni veriler. Yatay gen transferine ait yeni genomik bulgular, Woese'in üç âlemli resmini bulanıklaştırmıştı.

Bir yıl geçmeden iki adamın arasındaki uçurum, Doolittle'in son düşüncelerinin popülerleşmiş bir versiyonunu *Scientific American*'da yayımlamasıyla daha da açıldı. Bu dergi *Science* dergisine göre daha zayıf bir otoriteye sahipti ve farklı bir amaca hizmet ediyordu. Keşifleri duyurmak yerine ağırlığı sıradan okuyuculardan oluşan bir kitleye bunları açıklayan bir dergiydi. Doolittle'in taslak makalesi

Scientific American editörleri tarafından ağır bir edisyondan geçmiş ve yeniden yazılmıştı. Dolayısıyla onun sesini değil, fikirlerini –ve William F. Martin gibi meslektaşlarından bazılarının fikirlerini– iletmekteydi. Ayrıca onun elyapımı çizimleri de yoktu: Doolittle’ın tükenmez kalemle çizdiği arapsaçına dönmüş kollar ve köklerin yerine, *Scientific American* pürüzsüz derecede profesyonel (ve daha steril) boyalı şemalar koymuştu. Başlıksa, Doolittle’ın standartları için bile putları kıran tarzdaydı: “Uprooting the Tree of Life” [Yaşam Ağacını Köklerinden Sökmek].

Okuyuculara yatay gen transferinin “her yere yayılmış” olduğunu ve evrimin seyrini “derin”den etkilediğini anlatıyordu.²⁸⁴ Biliminsanları elbette bakteriyel genlerin bazen yatay hareket ettiğini, “antibiyotik direnç hediyesi” veya başka özel uyum sağlayıcı özellikleri birbirlerine taşıdıklarını geçmişten beri biliyorlardı. Martin ve akıl hocaları gibi bakteriyel genetikçiler, bu fenomene çok aşinaydılar. Fakat evrim tarihi ve filogeniyle uğraşan, YGT’yi daha çok şaşırtıcı bir şey olarak gören Woese ve takipçileri gibi birçok araştırmacı, özgün soyların içine sıkı sıkıya gömülü olan ve varsa bile yatay aktarımın nadir olduğu, aksine dikey yollarla miras bırakılan diğer genlerden –hücrenin sağ kalması için gerekli olan, metabolizma ve üreme için gerekli temel genlerden– sabit bir çekirdeğin olduğunu var saymaktaydı. “Belli ki yanılmışız,” diye yazıyordu Doolittle.

Kendi ifadesiyle ilk hücreler, “genleri serbestçe takas ederek, çeşitli yeteneklerini çağdaşlarıyla paylaşıyorlardı.”²⁸⁵ Neticede değişebilir hücreler ve birbirinin yerine geçen genlerin yarattığı bu yahni, kaynaşp bugün bildiğimiz haliyle üç temel âleme ayrılmışlardı. (Bakterileri, ökaryayı ve Woese’in üçüncü alemi arkeleri kastediyordu.) Bu ayrışmadan sonra bile, yatay transferler birkaç milyar yıl boyunca sürmüş ve günümüze kadar ulaşmıştı. Özellikle her âlemin *kendi içinde* devam etmiş ama zaman zaman iki âlem *arasında da* cereyan etmişti. Doolittle “bazı biyologların bu kavramları kafa karıştırıcı ve heves kırıcı buldukları”nı kabul ediyordu. “Sanki Darwin’in önümüze koyduğu şu görevde başarısız olmuş gibiyiz: Yaşam ağacının eşsiz yapısını tasvir etmekte. Fakat aslında bilimimiz tam da olması gerektiği gibi işliyor.” Nasıl mı? Çünkü ağacın kendisi her za-

man yaşamın tarihini biçimlendirmek için kullanılan “cazip bir hipotez”, Darwin’in hipotezi olmuştur. Biliminsanları artık bu testi yeni verilerle, genomik verilerle sınamaktaydılar ve gerekli olması halinde, Doolittle’ın neşeyle karara bağladığı gibi, ağacı reddedip yeni bir şema bulacaklardı.

Scientific American makaleyi Şubat 2000’de yayımladı. Sonraki birkaç yıl boyunca, yatay gen transferiyle ilgili bulgular biriktikçe Doolittle kendisini bu olgunun önemini tespit etme çabasıyla daha çok meşgul eder oldu. Yeni verilerin duyurusunu yapan makaleleri ve analizleri okuyor, toplantılarda diğer biliminsanlarıyla konuşuyordu (veya tartışıyordu). Özellikle üç isimle ortak paydada buluşmaktaydı: Peter Gogarten, William F. Martin ve Pittsburgh Üniversitesi’nde genom biyoloğu Jeffrey Lawrence. 1999 tarihli makalesinin sonunda, kendisini YGT’nin “önemli olduğuna ikna ettikleri” için Gogarten ve Martin’e teşekkür etmişti.²⁸⁶ 2002’de bir hafta birlikte beyin fırtınası yapma amacıyla Gogarten ve Lawrence’ı Halifax’a davet etti. Kente geldiklerinde Doolittle üçünü laboratuvarına “kilitledi” ve burada ofisindeki büyük tahta sandalyeye oturup birlikte bir makale yazmaya koyuldular.

Üçü de yatay gen transferinin odadaki yeni fil olduğuna inanıyordu. Daha önce yaptıkları sohbetlerde bu kadarında hemfikir olmuşlardı. Pittsburgh’daki laboratuvarında kendisini ziyaret ettiğinde, Jeffrey Lawrence bana YGT üzerinde düşünmüyorsam “gördüğüm şeyler üzerine hiçbir şey düşünmediğimi” söylemişti. Fakat kimse bunun içerimleri üzerinde derinlemesine kafa yormamıştı. Analiz yapmadan veri yığıma aşamasını kastederek, “Toplama aşamasının ötesine geçmek zorundaydınız,” diyordu Lawrence. “Veya, ‘İşte burada bir örnek, şurada başka bir örnek, vay canına çok fazla yatay gen transferi var,’ derdiniz.” Kendi ifadesiyle büyük soru şuydu: “Evrin tarihinde ne anlama gelebilirdi?”

Birkaç ay önce Gogarten’e şunu sormuştum: Üç insan nasıl bir hafta sonu makale yazar? Biri bilgisayar başında otururken, diğer ikisi...

“Hayır, hepimiz bilgisayar başına oturmuştuk,” demişti. Dizüs-

tü bilgisayarları vardı. “Meseleleri tartıştık. Bir tür çevrimiçi tartışma yapmış, taslak hazırlamıştık. Ardından, evet hepimiz bilgisayarlarımızın başına geçtik ve belli bölümlerini yazdık. Bazı hesaplamalar yaptık.” Gogarten’in hesaplamaları onu birkaç ağaç çıkarmaya yöneltmişti. Bunlar tek tek genlerin soylarını gösteren ağaçlardı ve bir ağaç tüm organizmaların tarihini gösteriyordu. Lawrence organizmaların ağacını iptal etti. Gogarten’in hatırladıklarına bakılırsa, “Bunu yapamayız,” demişti. “Gen transferi üzerine makale yazıp bunu göstermek için ağaç kullanamayız.” Lawrence’ın vurguladığı şey, yanlara uçuşan genlerle, tüm organizmaların tarihini tarif edebilecek bir ağacın *olmamasıydı*. Sadece hatalı olmakla kalmazdı. Kendisiyle çelişen, saçma bir şey olurdu. Bu yüzden bu elyazmasına hiçbir ağaç koymadılar. Ne Martin’in renkli deniz yelpazesi, ne *Scientific American*’daki tipte bir şey ne de Doolittle’ın akışkan el çizimi düğümlelerinden biri eklendi.

Bakteriler ve arkeleri bir araya getiren ve Woese’ı fena kızdıran eski bir kelimeyi kullanarak “prokaryot” evrimine odaklanmışlardı.²⁸⁷ Kendi ifadeleriyle yatay gen transferi, bu tarz basit mikrobik yaratıklar arasında nicelikleri ve sonuçları açısından daha önce hayal edilenlerden çok daha büyük bir öneme sahipti. Etkileri dört şekilde anlaşılabilirdi. İlk olarak farklı bir soydan veya türden yatay yollarla aktarılmış yeni genler, bir mikrop topluluğunun (alıcı mikrop ve soyundan türeyenler) tümüyle yeni bir ekolojik oyuk içinde kolonileşmesini mümkün kılıyor olabilirdi. İkincisi, organizmaların bir bakıma aniden adaptasyon geliştirmelerini, şu veya bu duruma yarım yamalak uyum sağlamasının getirdiği tehlikeli aşamaları atlamalarını mümkün kılıyor olabilirdi. Üçüncüsü, bu dönüşüm ağır ağır ilerleyen tedrici mutasyonla kıyaslandığında çok hızlı yaşanmaktaydı. Dördüncüsü, YGT bir “yenilik kaynağı”ydı ve doğal seçilimin işlemlerini sağlayan yepyeni genetik olasılıklar ve yeni çeşitlilik unsurları getiriyordu. Bu dört etkinin tamamı birbiriyle ilişkiliydi ve aynı fenomen hakkında birbiriyle örtüşen bakış açılarını temsil ediyorlardı.

Yazdıklarına bakılırsa bu dördü yan yana getirildiğinde, yatay gen transferinin prokaryotların evriminde “temel açıklayıcı güç” olabileceğini söyleyen güçlü bir iddiaya ulaşılmaktaydı.²⁸⁸ Darwin’in do-

ğal seçilimi hâlâ oradaydı ama öncesinde hayal edilenlerden çok farklı bir kaynaktan çok farklı bir çeşitlilik unsuru üzerinde işlev yürütmekteydi. Üç yazarın bu makalede göstermek istediği şey, kendi ifadeleriyle, yatay gen transferinin eski paradigmada “geniş çaplı ve radikal bir revizyon” a yol açtığına kabul edilmesiydi. Bahsettikleri eski paradigmada mikroplar Darwin’in teorisine uymaktaydılar. Fakat bunun tam bir reddiye ziyade revizyon olması gerektiğini vurgulamaktaydılar. Eski ve yeni bakış açıları arasında “bir sentez” yapılmasını öneriyorlar, gen transferinin yatay olduğu kadar dikey olduğunu, yaşamın tarihinin aynı anda “ağaçsı ve ağsı” bir görünüm taşıdığını ve adaptasyonların 1859 yılında Charles Darwin’in hepsini ayırt edemediği “birçok farklı yol” la evrilebileceğini kabul ediyorlardı.

Bu esnada dördüncü figür William F. Martin, geleneksel yaşam ağacı karşısında kendi meydan okumasına devam etmekteydi. Ford Doolittle kimi zaman şakayla karışık, yatay gen transferinin “dördüncü atlısı”ndan –21. yüzyılın başlarında bu olgunun önemini en gürültülü şekilde ilan etmiş dört biliminsanı– bahsederdi ve bunu yaptığında atlıların içine Gogarten, Lawrence ve kendisinin yanında Bill Martin’i de katardı. (Jeffrey Lawrence şöyle bir soru sormuştu: Ben hangi atlıyım, Salgın mı?) Fakat bazı sebeplerden ötürü veya sebepsiz Martin, bu hafta sonu “laboratuvara kapanıp” yapılan eşyazarlığa dahil olmamıştı. Davet mi edilmemişti, ilgilenmemiş miydi, müsait mi değildi? Diğer atlılarla arasında kötü bir kimya mı vardı? Bahsettiğim gibi Martin zekâsı, özgüveni, görüşlerini etkili bir şekilde belirtmesi ve bazen kamuoyunda bilimsel tartışmalarda şaşırtıcı derecede haşın davranmasıyla meşhurdur. Üstelik salt bulunduğu coğrafi konum, onu Halifax’taki sohbetten uzak tutmaya yetmiş olabilirdi. Martin okyanusun ötesinde, Düsseldorf’ta yaşamakta ve çalışmaktaydı. Düşüncelerine duyduğum merakla, çalışmalarına duyduğum saygıyla ama meşhur huysuzluk patlamalarına maruz kalır mıyım acaba diye merak ederek kendisini görmeye Düsseldorf’a gittim.

Bill Martin'in laboratuvarı Düsseldorf'un kalbinde, Ren Nehri'ndeki büyük kıvrımın çok da uzağında olmayan Heinrich Heine  niversitesi'ndeki Moleküler Evrim Bölümü'nde bulunuyordu. Erken varmış, sekreteri tarafından içeri kabul edilmiş ve Martin bir doktora incelemesindeyken i  ofisinde oturup onu beklemeye koyulmuştum. Bu bana raflarındaki kitapları tarama, uzun kâğıt tahtasındaki esrarlı karalamalara bakma ve kapısının arkasındaki şiirlere, karikatürlere ve diğ r acayip s slemlere g z atma zamanı vermişti. İçlerinde Constantin Merezhkowsky ve Ford Doolittle gibi saygın seleflerin ve meslektaşların fotoğrafları da vardı. Ayrıca gülümseyen iki genç kızının çerçeveli fotoğrafları vardı odada. Martin on buçukta çıkageldi. Texas A&M  niversitesi'nde okurken hücum çizgisinde oynayacak kadar iriyarı bir adamdı ama oynamamıştı. Elimi Texas'lılara has bir güçle sıktı, masasına oturduk ve sorularımla ona sufl rl k yapmaya neredeyse hiç ihtiyaç duymaksızın iki saat boyunca konuştuk.

Ona göre her şeyin başlangıcı endosimbiyozdu. Merezhkowsky'nin fotoğrafinı bundan dolayı asmıştı. Martin bir gün fidanlık

açma umuduyla botanik okuyan ve bana söylediği gibi henüz, “fidanlığınız olsun istiyorsanız botanik değil işletme okumanız gerek” tiğini henüz fark edememiş genç bir öğrenciydi. Yine de kısa sürede bitkileri satmaktan ziyade üzerlerinde araştırma yapmakla daha çok ilgilenir olmuştu. “Bu şeyleri tanımak istiyordum sadece.” 1978’de mikrobiyoloji dersi aldığı anda, Profesör Martin’in ilgisini çeken iki cümle kurmuştu. “İlk söylediği şeydi: ‘Domuz pankreasından insülin kullanmak için kullandık ve şimdi genleri alıp *E. coli*’ye koyabiliyor, bunları kova kova üretebiliyoruz.’” Bu genetik mühendisliğe giden olasılıkların ufak bir işaretiydi. Fakat bu öğrencisi için esas büyüleyici olan saf bilimin kendisinde yatıyordu. “Söylediği diğer şeyse şuydu: ‘Ve kloroplastların eskiden serbestçe yaşayan siyanobakteriler olduğuna inanan bazı insanlar var.’” Martin’in endosimbiyoz teorisyle tanışması, karmaşık hücrelerin bakterileri yakalayıp onları iç organellere dönüştürerek oluştuğunu söyleyen fikirle karşılaşması böyle olmuştu.

Teori hâlâ kötü bir üne sahipti. Lynn Margulis bunu Merezhowsky, Ivan Wallin ve diğerlerinin yazılarından yeniden canlandırmıştı. Ford Doolittle ve meslektaşlarıysa bunu doğrulayan ilk moleküler bulgulardan bazılarını sunmuşlardı. Ağır süreçler ve bin bir zahmetlerle çıkarılan ilave gen dizilimleri desteği büyötmekteydi. Ama geniş bir kabule henüz ulaşılammıştı. Martin’in bana hatırlattığı gibi, 1925 yılında endosimbiyoz “kibar biyolojik topluluklarda bahsedilmeyecek kadar fantastik” bir fikirdi ve birçok biyoloğa *hâlâ* fantastik geliyordu.²⁸⁹ Martin’in kuşağından genç doktoralılara, akademik işler için girdikleri mülakatlarda teorisinin kendisinden bile bahsetmemeleri için uyarıda bulunuyorlardı. “Tümüyle tabuydu,” demişti bana. Ta ki yakın zamanda birdenbire tabu olmaktan çıkıncaya dek. Doolittle ve diğerlerinin topladığı yeni moleküler veriler, bu hücre organellerinin yani mitokondriler ve kloroplastların bakteriyel kökenlere işaret eden genomlar taşıdıklarını göstermişti. Birkaç yıl içinde saygın bir biyoloji topluluğu bile teoriyi kabul etmişti. O dönemlerde, yani 1980’lerin ortalarında Bill Martin kendi çalışmalarına başladı.

Texas A&M’deki çalışmalarına ara vermiş, marangoz olarak ça-

lıışmış, Avrupa'yı dolaşmış ve Almanca'yı akıcı kullanır olmuştı. Bir gün bilime duyduğu ilgi tekrar su yüzüne çıkmış ve Hanover'deki bir üniversiteye kaydolmuştu. 1988'de Köln'de moleküler genetik ve bitki evrimi üzerine doktorasını tamamladı. Bu dönemde Martin, bakteriyel genetiğe ve YGT'nin kendileri için herkesçe bilinen bir konu olduğu bakteriyel genetikçilere aşına hale geldi. İlk araştırma projesi, kloroplast enzimleriyle ilgili bir inceleme onu doğrudan endosimbiyoz teorisine ve YGT'nin içinde oynadığı role yöneltmişti. Teorinin muhtemelen doğru olduğunu zaten biliyordu ve önemli bir şey daha öğrenmişti: Kloroplastlar ve mitokondrilerde bulunan genomlar ufaktı. Bu organellerin işlev yürütmesi için gereken onca enzimin ve diğer proteinlerin kodlanamayacağı kadar ufaktı hem de. Orijinal bakteriyel genomlarının sadece ufak birer numunesinden ibaretti. Diğer proteinlerden yüzlerce üreten diğer genler hücrenin bir yerlerinde bulunmak zorundaydılar, ama organellerde olamazlardı. Başka nerede olabilirlerdi ki? Genlerin korunduğu tek bir yerde: Hücre çekirdeğinde. Bu kayıp organel genleri yakalanmış bakterilerden bu hücrelerin çekirdeklerine aktarılmış –belki uzun çağlar boyu süren ökaryot evriminin içinde bir genin başına gelebilecek bir şeyle– ve hücrenin kendi çekirdek genomuna yamanmıştı. “Yani gen transferi en başından beri büyük resmin parçasıydı,” diye anlatıyordu Martin bana. Sadece türler arasında değil, büyük sınırlar ve yaşamın âlemleri arasında da geçişler yaşanmıştı. “İçinde büyüdüğüm dünya işte bu.”

Araştırmasında ilerleme kaydettikçe, bu tür gen transferlerinin –yani yakalanmış bakteriden karmaşık hücrelerin çekirdeklerine geçişler– farklı dönemler ve çeşitli yelpazeden canlılar arasında yaygın ve olağan bir şey olduğunu gördü. Farklı hayvan, bitki ve mantar soylarında farklı oranlarda ve farklı sonuçlarla yaşanmıştı. Martin'in baktığı bitkilerden birinde, lahanayla bağlantılı küçük ve çiçek açan bir şeyin çekirdek genomu yüzde 18 oranında bakteriyeldi. Bir başka araştırmasında, bir mantar olan mayanın bakteriler ve arkelerden 850 gen taşıdığını göstermişti. İnsanın çekirdek genomlarında, esas olarak bakterilerin DNA'sından gelen ve mitokondrilerimizden aktarılmış 263.000 çifti aşkın baz (harf kodu) vardı. Bu ve birçok benzer vakada, genetik materyaller organellerden kaçmış, hücre çekirde-

ğine sızmış ve kromozomlarla eklemlenmişti. Bu çok derin sonuçları olan bir süreçti: DNA'ların bakteriyel kökenli organellerden kromozomlara aktarılması. Yabancı genlerin milyonlarca yıl boyunca bitkilerin, mantarların ve hayvanların en derin hücresel kimlikleriyle iç içe geçmesi. Dahası bunun nasıl olduğunu henüz kimse bilmiyordu. Martin neticede eldeki fenomen için bir terim icat etti: Endosimbiyotik gen transferi.

Yataylığı bir nebze farklı bir nitelik taşıyordu: Evet, yaşamın bir âleminden diğerine yatay gen aktarımları olmuştu fakat bu tek bir hücrenin sınırları içinde gerçekleşmişti ve bundan ötürü YGT'nin diğer formlarından çok daha incelikli bir şeydi. Uzak tekhücreli atalarımızın bu mukadder bakterilerle iç içe geçmesiyle başlamıştı.

Şu şekilde düşünebilirsiniz: Görevlerin evcilleştirilmesi ve aktarılması şeklinde. Kurtlar yiyeceklerini kendileri bulur. Evcilleştirilmiş köpekler beslenmek için insanlara bağımlıdırlar. Karşılıklı anlaşmayla, 15.000 yıllık bir süre zarfı içinde kurtların soyundan gelenler gıda toplama işlevlerini (ve sorumluluklarını) bizlere aktarmışlardır. Muhtemelen insanların yaktığı kamp ateşlerinin kenarlarına kemik ve et parçalarının bırakılmasıyla başlamıştır. Her bakımdan uç noktalara kadar da ilerlemiştir. Gıda ve diğer faydaların karşılığında, köpekgiller artık sevgilerini göstermekte, postacılaravalamakta, koyunları otlatmakta, sülünleri göstermekte ve Frizbi kovalamaktadırlar. Mitokondrilerde de durum benzerdir: Hücrelerinizdeki evcilleşmiş bakterilerdir. Genlerinin çoğunu çekirdek genomunuza taşımışlardır ve var olmaya devam edip işlerini yapabilmelerini sağlayacak proteinleri geri yollamak için bu genoma bağımlıdırlar. Frizbi peşinden koşturmak yerine, daha önce bahsettiğim pile benzer molekülleri, metabolizmanızı besleyen taşınabilir enerji moleküllerini yani ATP'yi üretirler.

Elbette endosimbiyotik gen transferiyle ilgili bunca keşif, Martin'in açıkladığı üzere, Carl Woese'in yaşam ağacı için ilave sorunlar doğurmaktaydı. Her yöne uzanan aşırı sayıda dal vardı ve içlerinde çoğu önemli kollardan birinden ayrılıp ardından bir başkasıyla birleşmekteydi. İşleri iyice karmaşıklaştıran şey, dizilimi çıkarılıp karşılaştırılan genom sayılarının artmasıyla açığa çıkarılan şöyle bir

gerçekti: Daha önce ökaryotik hücrelerde yakalanmış olan bu bakterilerin (yani mitokondrilere ve kloroplastlara dönüşen bakterilerin) kendileri de yatay gen transferiyle o bakterilere geçmişler, yani yakalanmadan önce farklı türden bakterilerden gelmişlerdi. Bu da genomu ait bazı parçaların, sizinki de dahil başka genomların parçalarına dönüşmeden önce diğer genomların içinde var olduğu anlamına geliyordu. Tam bir arapsaçıydı. Keşmekeşti. Spagetti tabağı gibiydi adeta. Mükemmeldi.

“Ama bu bir ağaç değil,” diyordu Martin.

Konuşarak geçirdiğimiz o sabah saatlerinde, sıçrayıp bir kitap kapmak veya bilgisayarında bir dosya bulup bana çıktısını almak, yahut başını derin düşüncelerle geri yaslayıp yeni bir konuya geçmek için konuşmasına zaman zaman ara veriyordu. Ya da tekrar odaklanmak için durup, “Ne hakkında konuşuyorduk?” diye soruyordu. Bir noktada aniden fotosentezin kökenleri, azot bağlanmasının çeşitli yöntemleri ve seksin uyum sağlayıcı değeriyle ilgili bilimsel spekülasyonlara değindikten sonra, şöyle demişti: “Kusura bakma, lafı uzatıyorum.”

“Hayır, hayır. Çok güzel,” dedim. Ama evet, YGT ve ağaç meselesine dönmek istiyordum. “Ne kadar zamanımız var?”

“Tüm gün boşum. Bu günü sizin için planladım.”

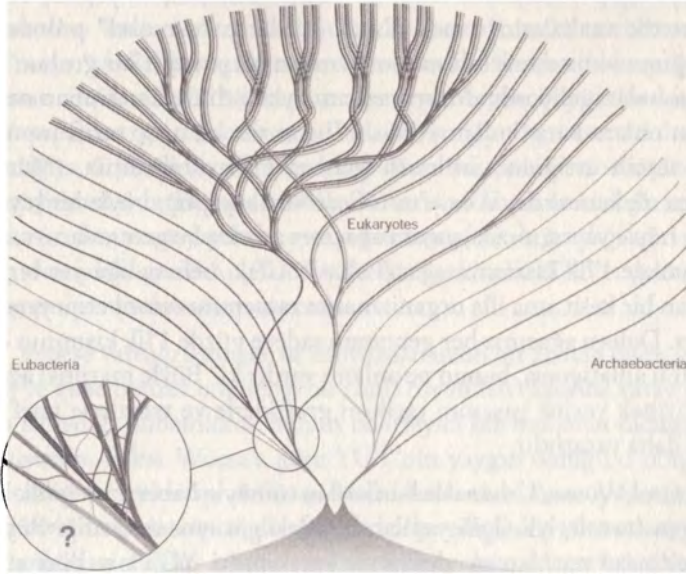
“Eksik olmayın,” dedim ve yarım saat sonra öğle yemeği için ara vermeyi teklif etti. Fikir ve bilgi seli karşısında yorulmuş bir halde ses kayıt cihazımı kapattım.

Japon mutfağını seviyor musun diye sordu. Peki, suşi? Evet, gerçekten seviyordum. Güzel, dedi Martin. Sözde kilo verecektim ama bahanem sensin. Arabayla sevdiği Japon restoranına gittik. Orada bize devasa ve şahane bir yemek söyledi. Açgözlü bir şekilde yemeğimizi yedik ve bir şey ödememe izin vermedi. Erişteli çorba ve karışık suşi tabaklarımızın başında, ökaryotik hücrelerin kökenleri, hücre çekirdeğinin kökeni ve yaşamın nihai kökeni üzerine daha fazla şey konuştuk. Biraz utangaç bir tavırla, sabah ikiden dörde kadar Super

Bowl* yayını otel odamda bilgisayarımdan canlı olarak izlediğimi ve sonra kendisiyle buluşmadan önce birkaç saat dinlenmek için yatağa girdiğimi paylaştım. Malcolm Butler'ın son saniye durdurması sayesinde Patriot'ların Seattle'ı yenmesi kaçırdığım uykunun her dakikasına değmişti. Biliyorum, ben de izledim dedi. Onca zaman boyunca kafam sürekli bir şeye takılıyordu: Haşinliğiyle meşhur, budalalara karşı hoşgörüsüz, korkutucu derecede hırçın ve kavgacı Bill Martin neredeydi?

Öğle yemeği ve çaydan sonra daha fazla konuşmak için ofisine döndük. İkinci saatleri sona erdiğinde beni çok uzak olmayan otel odama yürüyerek geçirmeyi kabul etti. Böylece kaybolmayacaktım. Yeniden taksi tutmaktansa ufak bir egzersiz yapmak daha iyiydi. Serin bir kış günüydü. Üzerinde alelade bir siyah ceket vardı ve bir örgü bere takmıştı. Kaldırımları tersane işçisi kılığına girmiş John Cleese gibi uzun adımlarla arşınılıyordu. El sıkıştık. Martin, tekrar buluşup sohbet edelim dedi. Çok eğlendiğini söyledi.

Bill Martin milenyum sona ererken, yatay gen transferini evrim düşüncesine eklemek ve ağaç fikrinin ne kadar zorlama olduğuna kafa yormak konusunda kendine düşen payı yerine getirmişti. Halifax'ta Doolittle, Lawrence ve Gogarten'in makale yazmak için toplandığı hafta sonu buluşmasına katılmamasına karşın, tek başına veya başka eşyazarlarla bu doğrultuda bir dizi makale yayımlamıştı. Bunlardan ilki, "Is Something Wrong with the Tree of Life?" [Yaşam Ağacında Yanlış Bir Şeyler mi Var?] Ford Doolittle'in manifestosundan üç yıl önce çıkmıştı. Yukarıda bahsetmiş olduğum diğer makale, bakteriyel genomların "mozaik" karakterini ele alıyordu.²⁹⁰ Genomunun neredeyse beşte biri başka bakterilerden gelmiş *E. coli* gibi tanıdık bir mikropta yatay gen transferi hakkında görece yeni ve bol miktarda bulguya rastlandığı dikkate alınırsa, Martin bunu YGT'nin çok eski zamanlar boyunca nasıl vuku bulmuş olabileceğine kafa yorarken "oldukça kaygı verici" bulmuştu.²⁹¹ Kastettiği geriye dönük "kaygı"lardı. Uç sürprizleri barındırmaya devam eden şeyin gelecek değil geçmiş olduğunu söyleyen bir işaretti. Mozaik genomlar üzerine yazdığı bu makalede, Martin'in özgün ağaç çizimi de var-



Martin'in ağsı ağacı, Martin'in çizimiyle, 1999.

di. YGT'yi birleşen çizgiler ve karışan renklerle gösteren çok renkli deniz yelpazesi bu makaledeydi. Biraz gururlu bir edayla bana şöyle demişti: “Hoş bir ağaç. Yani, öyle görünüyor. Kendim çizdim.” Ford Doolittle’ın serbest çizim tarzından çok farklı olsa da aynı üç noktaya işaret ediyordu: ağacın şekli önemli, mantığa aykırı ve işte burada.

“The Tree of One Percent” [Yüzde Birin Ağacı] başlıklı ve eş-yazarlı sonraki makalelerinden birinde, Martin en sevdiği transfer olan endosimbiyotik gen transferinin nasıl bakteriyel kökenlerden gelen genleri mitokondriler ve kloroplastlardan karmaşık yaratıkların çekirdek genomlarına taşımaya devam ettiğini tarif ediyordu. Ortalama bir bakteri veya arke genomunda genlerin sadece yüzde 1’inin –ökaryot genomunda belki yüzde 1’den katbekat azının– organizma için YGT ile değiş tokuş *edilemeyecek* kadar derine işlenmiş ve karmaşık derecede asli bileşenler olduğunu belirtmekteydi. Bu yüzde 1 rakamı, ortalama bir prokaryotun genomunda kodlanmış üç

bine yakın proteinden 31'ini seçip üzerlerinde çalışma yapmış ve filogenetik analizlerin temeli olarak bunların “evrensel” proteinler olduğunu iddia etmiş biliminsanlarından oluşan ayrı bir grubun çalışmasından geliyordu. Martin eşyazarıyla birlikte, bu grubun mantığını onlara karşı kullanıyordu. Elbette tek bir ağaç tarifi yapmak için tercih ettiğiniz, istikrarlı genleri kullanabilirdiniz. (Martin açıkça söylemese de, Woese’ın 16S rRNA ile yaptığı böyle bir şeydi.) Ama böyle yaptığınızda, yaşam ağacınız aslında bu genomların sadece “yüzde 1’lik kısmının ağacı” olur.²⁹² Ufak, belirsizliğe yer bırakmayan bir kesit ama illa organizmanın tamamını temsil etmeyen bir parça. Dahası ağacınız her genomun sadece yüzde 1’lik kısmının öyküsünü anlatıyorsa, bunun ne anlamı vardır ki? Böyle marjinal ağaçlar çizmek yerine yaşamın tarihini grafiklerle ve teorilerle tarif etmek daha yararlıdır.

Carl Woese, Urbana’da bunlardan tümüyle habersiz değildi. Yatay gen transferiyle ilgili yayılan keşifleri görüyor ve çizdiği Büyük Ağaç’a nasıl meydan okuduklarını kavırıyordu. YGT’nin dört atlısı savaş alanında bayraklarını sallayarak dörtlüye koşarlarken, Woese bu fenomeni değerlendirmeye almış ve onu kendi bakış açısıyla anlamlandırmaya girişmişti. YGT’nin önemini takdir ederken, eski fikirleri ve kendine has keşifleriyle yatay genetik hakkında üretilen yeni verileri uzlaştıran (veya uzlaştırmış gibi görünen) bir geri çekilme pozisyonu yaratmıştı. 1990’ların sonlarında ve 2000’lerin başlarında, evrimin erken aşamaları, hücreli yaşam formlarının kökenleri ve “evrensel filogenetik ağaç” demeye başladığı şey hakkında bir dizi kavramsal makale yayımladı.²⁹³ Bu son ifadeyle, ribozomal RNA dizilimlerini kıyaslayarak elde ettiği *kendi* yaşam ağacını kastediyordu.

Dört makalenin tamamından oluşan bu çalışmalar “milenyum serisi” olarak adlandırıldı ve uzman yorumculardan birinin Woese öldükten sonra belirttiği gibi birkaç açıdan özel ve olağandışıydılar.²⁹⁴ Hiçbir yeni araştırmadan bahsetmiyorlardı. Ama alışıldık anlamda derleme makaleleri de değillerdi. Kendi çalışmaları veya başkalarınınkinden alınmış verilere neredeyse hiç rastlanmıyordu. Deneme veya görüş yazısı olarak görülemeyecek kadar ciddi ve dogma-

tik bir ton vardı. Yorumu yapan ve Woese'a karşı çok saygılı olan, parlak Rus asıllı Amerikalı biyolog Eugene Koonin muhtemelen "tez" veya "risale" hariç bir terimle bunları sınıflandırmanın güç olduğunu düşünmüştü. Adlarına ne dersiniz deyin, büyük bir kişisel özgüvenle, bu uçsuz bucaksız ve bulanık konuyu herkesten daha iyi anladığını düşünen bir adamın erken dönem evrim üzerine söylediği resmî beyanlardı. Burada milenyum serisini konuyla alakalı kılan, Woese'ın her yana yayılmış yatay gen transferi ile sevdiği evrensel ağaç arasındaki gerilimi çözmeye çalışma şekliydi. YGT'yi çok uzak bir geçmişe iterek bunu yapıyordu.

Woese vardığı sonuçla, üç milyardan uzun bir zaman önce, genlerin ve gene benzer bilgilerin bir canlı türünden diğerine yatay yollarla sıçradığı dönemlerde bunun belirleyici bir fenomen olduğunu söylüyordu. Fakat Woese'a göre YGT'nin yaygın olduğu o dönem, yaşam ağacı yükselip dallanıp budaklanmadan önce yaşanmıştı. Türler var olmadan önce, dolayısıyla kollar gövdeden çıkmadan, dallar kollardan ayrılıp budaklanmadan önce gerçekleşmişti. Bugün hücreleri anladığımız şekliyle, hücreli yaratıkların doğuşundan önce yaşanmıştı. Woese kanıtlanması imkânsız ama muhtemelen doğru olan başka bir önemli fikre gönderme yapıyordu: Bir şekilde yaşamın kökeni yaklaşık bir milyar yıl önce, ilk ayırt edilebilir hücre ortaya çıkmadan önce açığa çıkmıştı.

Peki, o eski tam olgunlaşmamış dönem neye benziyordu? Başka bir bilim insanının bulduğu terimden yararlanarak buna RNA dünyası diyordu. Bu dünyada karmaşıklığın (başlarda neredeyse rasgele bir karmaşıklık) zengin kaynağı DNA değil RNA'ydı. Yaşam olarak görülebilecek en temel yapısal birim hücresellik değil RNA'ydı. Bir şekilde enerji, fiziksel koşullar ve şans faktörünün katalize etmesiyle belli kimyasal bileşenler, kendilerini çoğaltma becerisine sahip etkilileşimli molekül "küme"lerinde toplanmışlardı. Bu kümelerin hayati elementi, tek sarmallı ve pek istikrarlı olmayan RNA'ydı. Çift sarmallı ve istikrarlı DNA henüz ortada yoktu. Kümeler birbirinden farklıydılar, ayrıntılarda çeşitlilik söz konusuydu ve çevresel materyallerden yararlanarak kendilerini çoğalttıkça birbirleriyle rekabet etmeye de başlamışlardı. Bazıları çizgisel nükleotit baz dizilimlerini

(A, S, G ve U iplikleri) aminoasitlerle birbirine bağlayarak başka ortamlara dönüştürme eğilimi geliştirmişti. Birbirine zincirlenmiş aminoasitler, bugün bir biyokimyagerin peptit dediği –kısa aminoasit zincirleri– şeyin ilk formlarını ve daha sonra zincirler büyüyüp karmaşıklaştıkça proteinleri meydana getirdi. Woese’in 2002 yılında tarif ettiği bu “küme”ler, ta 1987’de önerdiği progenot konseptine benziyordu ama en azından dikkat çekici bir fark vardı: 1987’de yatay gen transferinin, özellikle evrimin erken aşamalarında taşıdığı öneme henüz kendisini alıştırmış değildi.

Şimdi bu fenomene vurgu yapıyordu. Moleküler kümeler kendi yaşamlarına erişip üredikçe ve sağ kalmak için rekabete girdikçe, RNA parçacıkları bir kümeden kopuyor ve başka bir kümeye ilişiyordu. Bu en erken biçimiyle YGT’ydi. Çok sık gerçekleşiyordu. RNA dünyası materyallerin fark gözetmeksizin paylaşıldığı büyük bir seks partisiydi adeta. Zaman geçtikçe ve yeni olasılıklar fışkırdıkça, bazı proteinlerin kümelerden bazılarının çoğalmasına yardımcı olduğu görüldü. O noktada RNA sadece rasgele kümelenmiş molekülleri değil, potansiyel açıdan kıymetli bilgileri de temsil eder oldu. Fakat çorbada hâlâ hiçbir hücre yoktu –içindeki maddeleri bir arada tutan, iç kısmı dışarıdan ayıran, kendisini ötekilerden ayırmış güzel bir duvar veya zar yoktu– ve kuşkusuz tür olarak adlandırılabilcek herhangi bir ayırım da bulunmuyordu.

Rekabetçi çoğalma dürtüsü altında karmaşıklık arttı. Kümelerden bazıları biraz daha ileri bir yapıya kavuşmak için proteinlerin desteğinden yararlandı ve bu sayede açılan olasılıklardan biri kümenin kendisini kapatmasıydı. Paketlemenin özel avantajları vardı. Sınırlar korunmuş oluyordu. Ve *bingo*: İlk hücreler.

Bunlar bildiğimiz modern hücrelerle kıyaslandığında ilkel kalan, muhtemelen içindekileri sızdıran, beceriksiz ve istikrarsız şeylerdi. Ama bir bakıma her şeye karşın hüreseldiler. Artık her biri bir duvarla, en azından zarla çevrilmiş haldeydi. İçlerindeki RNA (ve belki artık DNA) talimatlarından yararlanarak kendilerini çoğaltmanın yollarını bulmuşlardı. Hücre duvarı onları YGT’nin yarattığı kafa karışıklığı ve dikkat dağınıklığından, dışarıdan gelen gürültülü bilgilerden bir dereceye kadar korumaktaydı. Yine de ilkel oldukla-

rından, ilk hücreler kendilerini çıplak bir RNA sarmalıyla yapabileceklerinden çok daha içten ve şiddetli bir şekilde çoğaltmışlardı. Soy- lar yaratmışlardı. YGT'nin yaygınlığı azaldı. Neticede soylar birbi- rine benzeyen koca hücre toplulukları yarattılar. Bu noktada bu hü- creleri farklı bir isimle adlandırmanız mümkündü: Organizmalar. Popülasyon yaratan hücrelerin tümü özdeş değildi ve belli bir çeşit- lilik barındırıyorlardı ama birbirleriyle veya diğer soylara ait hücre- lerle kıyaslandıklarında içlerinde daha büyük bir benzerlik vardı. *İkinci bingo:* Türler. Yaşamın tarihinde önemli bir sınır geçilmişti. Woese bu sınıra Darwin'ci Eşik demişti.

Şöyle yazıyordu: “Bir hücre tasarımı daha karmaşık ve bileşik hale geldikçe, daha bütünleşik niteliğe sahip hücresel organizma- rın açığa çıktığı kritik bir eşiğe ulaşılır ve dikey düzlemde ortaya çı- kan yenilikler” –burada ufak çeşitlilikleriyle, yatay gen transferinden farklı olan ve anne-babadan yavrulara geçen kalıtımı kastetmekteydi– “çok daha büyük bir önem kazanabilir ve kazanır da.”²⁹⁵ Bu kritik sınırdan yani Darwin'ci Eşik'te, Darwin'in anladığı evrim başlar. Fark edeceğimiz gibi bu ilerleme tümüyle geniş zamanla yazılmıştır. Sanki Woese üç milyar yıl öncesine gitmiş ve bunların gerçekleşmesini iz- lemiş gibidir. Bilincinin sınırlarını aştığı o anlarda, belki de kendisi- ni neredeyse oradaymış gibi hissetmişti.

Hiçbirisi seçtiği yaşam ağacının şeklini değiştirmede. Woese 2000'de “evrensel” ağaç olarak adlandırdığı şeyle ilgili makalesine ve 2002'de hücrelerin evrimi üzerine yazdığı teze, 1990'da Kandler ve Wheelis'le birlikte önerdiği şeyle neredeyse tıpatıp aynı ağaç şema- ları koymuştu. Yatay transfer alanında on yıla yayılan onca keşfi gör- mezden geliyordu. Ford Doolittle'ın çizimlerinde görülen türden kıvrımları ve eğrileri es geçiyordu. Ağacı hâlâ üç büyük kola sahipti. Dalları birbirinden ayrılıyor ama birleşmiyordu. Görünüşe göre Woese, YGT'yi zamanın çok gerilerine, ağacın köklerine iterek ve “modern” hücreli yaşamın yükselip çoğalmasından önceki zamanla- ra atarak bu meydan okumadan kurtulmuş olduğunu düşünmüştü. Diğerleri aynı fikirde değildi.

Altı yıl geçti. Daha yeni veriler geldi ve YGT hakkında daha fazla şey bilinir oldu. Eugene Koonin'le iki meslektaşı önemli bakteri soyları arasında yatay transferlerin olup olmadığına bakmışlar ve bunların bol olduğunu görmüşlerdi. Yaptıkları keşfe göre izleri yatay transferlerde bulunan genlerin oranı, bazı bakterilerde ufak bir kesitte kalırken, insanlarda sifilise yol açan murdar spiral bakterilerden *Treponema pallidum*'un bütün genomunu oluşturuyordu. İlave genomların dizilimi çıkarıldıkça, Bill Martin ve bir çift meslektaşı daha fazla YGT'ye rastlar olmuşlardı. Bakteriler ve arkelere ait 181 farklı genom arasında dağılmış yarım milyon geni kıyaslayan Martin ve ekibi, genomların her birinde genlerin kabaca yüzde 80'inin evrim tarihinin bir noktasında yatay transferle geçmiş olduğu sonucuna vardı. Peter Gogarten ve bir meslektaşı bitkilerde YGT tespit ederlerken, diğer biliminsanları mantarlar arasında bunun önemli olduğunu kanıtlamışlardı ve Julie Dunning Hotopp'un çalışması (daha önce bahsetmiştim) böcekler arasında çok yaygın görüldüğünü açığa çıkarmıştı. Adeta YGT'nin bilimsel bir çılgınlığa dönüştüğünü söyleyebirdiniz. Tek farkı bu *çılgınlığım* bu çalışmalardaki güçlüğü ve işaret

ettikleri sonuçlardaki derinliği ifade etmemesiydi. Dahası moleküler evrimsel biyolojinin o güzide alanında olmayan çok az kişi bu fenomeni veya uzmanlar arasında sebep olduğu yaygarayı işitebilmişti.

Ve bir gün, Ocak 2009’da Britanya’da çıkan *New Scientist* dergisi kapağında bir ağaç resmi ve “Darwin Yanıldı” başlığıyla çıktı. Bu sözcüklerin altında daha küçük harflerle şu altbaşlık yer alıyordu: “Yaşam Ağacını Kesmek.”

Derginin baş makale yazarlarından Graham Lawton’un kaleminden çıkan kapak öyküsü, Charles Darwin’le ve 1837’de çizdiği ufak eskizle başlıyordu. Lawton’a göre bu evrimsel ilişkileri bir ağaç olarak tarif eden yararlı bir fikirdi ve 1859’da *Türlerin Kökeni*’nde bu cılız çizim, Darwin’in istediği benzetmeye gürbüz ve uzun bir “koca ağaç”a dönüşmüştü. Makale buradan Ford Doolittle’a sırıyordu ve Darwin’in evrimle ilgili düşüncelerinde ağaç imgesinin “kesinlikle merkezi” bir konumda olduğunu onaylayan Doolittle’a atıf yapıyordu.²⁶ Yaşamın geçmişini anlamada birleştirici bir ilkeye dönüşmüştü ve *Türlerin Kökeni*’nin ilk baskısını takip eden 150 yıl boyunca evrimsel biyoloji kendisini, büyük oranda ağacın ayrıntılarını öğrenmeye adanmıştı. “Fakat bugün bu proje lime lime olmuş halde,” diye yazıyordu Lawton. “Olumsuz bulguların saldırısıyla parçalanmış durumda.” Bahsettiği şey yatay gen transferiydi.

Kapağın yanıltıcı kışkırtmalarına ve yazısının başlığı yani “Axing Darwin’s Tree” [Darwin’in Ağacını Baltalamak] sebebiyle bu kışkırtmalar içeride de yankısını bulmasına rağmen, Lawton’un makalesi konu için iyi bir giriş yazısıydı. Genelde gazeteciler dergilerde yayımlattıkları öykülere başlık koyma ayrıcalığına nail olmazlar (ama baş makale yazarı nail olabilir), bu yüzden başlıktan kimin sorumlu olduğunu bulmak zordur. Tüm bu kesme ve baltalamalı konuşmalarla –oduncu imgelemiyle– Darwin’in hatalı olduğunu söyleyen iddia bariz derecede uçarıydı. Derginin satmasına ve okuyucuların sayfaları çevirmesine katkı yapmış olabilirdi fakat yeni keşiflerin Darwin’ci ortodoksi karşısına çıkardıkları sahici meydan okumayı karikatürize etmekteydi. Makalenin kendisi daha incelikliydi ama yeterince sert ve şiddetliydi. Lawton Doolittle’ın 1999 tarihli makalesinden, yani bu tartışmayı *Science*’ın sayfalarına ~~sıçratmış~~ yazıdan

alıntı yapmış ve yakın bir tarihte, muhtemelen e-posta veya telefonla Doolittle'dan şöyle bir yorum koparmıştı: “Yaşam ağacı doğada var olan bir şey değil, insanların doğayı sınıflandırma biçimi.”

Lawton Bill Martin'in çalışmalarını –yüzde 1'lik ağaç eleştirisi- ni- da alıntılayıp endosimbiozdan bahsediyordu fakat bir süre evrimsel biyologların YGT'yi marjinal bir fenomen olarak gördüklerini de belirtiyordu. Daha ötesini değil. Irvine, California Üniversitesi'ndeki araştırmacılarından Michael Rose, düz bir şekilde Lawton'a şunu söylemişti: “Farklı gruplar arasında genetik bilgilerin paylaşıldığı gelişigüzel ve dağınık bir alışveriş var.”²⁹⁷ Lawton bunun farklı bir versiyonu olarak organellerden gelen endosimbiotik gen transferinden bahsediyor, böylece YGT'nin bakteriler ve arkelerin yanı sıra ökaryotlarda da görüldüğüne işaret etmiş oluyordu. İngiliz biyoloji filozofu John Dupré'nin şu ifadesini eklemişti: “Eğer bir yaşam ağacı varsa, yaşamın ağı içinden uzayan küçük ve anormal bir yapıdır.” Sonunda makale, başlamasına vesile olduğu saldırının şiddetinden rahatsız olmuşa benzeyen Ford Doolittle'a dönüyordu. “Bu meselede biraz gevşememiz gerek,” diyordu Doolittle Lawton'a. “Evrimi gayet iyi anlıyoruz. Mesele sadece Darwin'in hayal ettiğinden daha karmaşık olması. Tek örüntü ağaç değil.”

Diğer biliminsanları gevşemek istemiyorlardı. Lawton'un metaforları birleştirerek yazdığı gibi, daha büyük ve daha radikal bir şeyin başlangıcı olarak “ağacın kökünden söküldüğü”nü görmek istiyorlardı.²⁹⁸ Fakat durun, şimdi ağaç sökülüyor muydu yoksa kesiliyor muydu? Boş verin. “Biyolojide yaşanan devrimci değişimin parçası,” diyordu Dupré. Gelecekte kavranacağı şekliyle evrim, yalıtılmış soylar içinde yaşanan değişimlerden çok birleşmeler, satın almalar ve işbirlikleriyle ilgili olacaktı. Sadece dalların ayrılımlarıyla değil, birleşip iç içe geçmeleriyle de ilgisi olacaktı. Doolittle'ın zamanında post-doktora öğrencisi olmuş ve eşyazarlığını yapmış Eric Baptiste isimli başka bir biliminsanıysa şunu söylüyordu: “Yaşam ağacı faydalı bir şey.” Darwin'in ellerinde bu imge, evrim henüz yeni ve şaşırtıcı bir fikirken insanların kafalarında onu canlandırmalarına yardım etmişti. “Ancak şimdi evrim hakkında daha fazla şey biliyoruz,” diyordu Baptiste. “Aşma zamanı geldi.”

Bu *New Scientist* sayısının kapağında yazan tarih 24 Ocak 2009'du. Zamanlama dikkat çekiciydi: İki hafta sonra Charles Darwin'in 200. yaş günüydü ve o gün dünyanın çeşitli yerlerinden biyologlarla tarihçiler yaşamını, çalışmalarını ve teorilerini anacaklardı. Aslına bakılırsa Cambridge'den Mumbai'ye ve Albuquerque'ye varıncaya dek 2009 yılının tümü Darwin'le ilgili etkinlikler ve geçmişe dönük değerlendirmelerle doldurulmuştu. *New Scientist* editörleri kendi gözlemlerini sunma planlarıyla hareket etmişlerdi ve ağaç kesen sayı da bunun parçasıydı: Bay Darwin için iki anlama gelecek bir doğum günü kartıydı. 200. yıl dönümünün (kısa da olsa) kamuoyunun geniş ilgisini Darwin'le bağlantılı şeylere çekme fırsatından yararlanarak, yeni keşiflerin –yatay hareket eden genler, kim bilebilirdi ki?– yaşamın tarihiyle ilgili kavrayışımızı biçimlendirmeye devam ettiğini söyleyen bir uyarı olarak Graham Lawton'un makalesini yayımlamışlardı. Yararlı olmuştu da. Ancak kapaktaki başlık katıksız bir provokasyondur: Darwin 200. yaş gününde hatalı çıktı! Evrimsel biyolojinin bazı büyük isimleri hemen homurdanarak karşı çıktılar.

Daniel Dennett, diğer yazıların yanı sıra *Darwin's Dangerous Idea*'yı [Darwin'in Tehlikeli Fikri] kaleme almış seçkin bir filozoftur. Jerry Coyne Chicago Üniversitesi'nde çalışan, türleşme süreci üzerine yaptığı çalışmalarla ve yaratılışçılığa karşı evrimsel bilimleri savunan güçlü sesiyle meşhur olmuş bir evrim biyoloğudur. Richard Dawkins *Gen Bencildir*'in ve *Tanrı Yanılgısı* da dahil birçok başka kitabın yazarı olup, muhtemelen dünyanın en meşhur ve ateist kimliği en baskın Darwin'cisidir. Ayrıca tehlikeli ve kendinden emin nüktedanlığıyla son derece zeki biridir. Bu üç isim, yanlarına etkili blog yazarlarından biyolog Paul Myers'ı da alıp *New Scientist*'a birlikte yazdıkları öfkeli bir mektup yolladılar. Dergi bir ay sonra mektuplarını yayımladı. Yazı şöyle başlıyordu: “Nasıl oldu da böyle düşündünüz?”²⁹⁹

Şikâyet ettikleri şey makaledeki incelikli açıklamalar değil, kapaktaki yaşam ağacının çiğ olumsuzluğuuydu. Dennett ve diğerlerinin iddiasına göre “Darwin Yanıldı” diye duyurular yapmak düşmanın elini rahatlatacak ve ona fayda sağlayacak, “yaratılışçıların eline

okul kurullarını, öğrencileri ve kamuoyunun genelini evrimsel biyolojinin durumu hakkında yanlış bilgilerle yönlendirmeleri için altın bir fırsat verecekti.”³⁰⁰

Bu meselede muhtemelen haklıydılar. Yaratılışçılar altından veya değil, fırsatı değerlendirmişlerdi. Bir tanesi hemen yaratılışçılara ait *Apologetics Press* adlı web sitesinde şöyle bir başlıkla çıktı: “Startling Admission: ‘Darwin Was Wrong’” [Şaşırtıcı İtiraf: “Darwin Yanıldı”]. Eric Lyons’un kaleminden çıkan bu yazı, Lawton’un makalesindeki temel hususların taslağını çıkarıyor, Doolittle ve diğerlerinden alıntılar yapıyor, ağaç imgesini “evrim”in “zora düşmüş” “ikonik kavram”larından biri olarak adlandırıyordu.³⁰¹ Lyons’un iddiasıyla yıllar geçtikçe ve daha fazla veriye ulaşıldıkça, dün evrimi kanıtlayan bulguların birer yanlışlığı olduğu görülüyordu. “İnsan, evrimcilerin sadece Darwin’in yaşam ağacını değil, evrim teorisinin tümünü kenara atmaları gerektiğini anlamaları daha ne kadar vakit alacak merak ediyor,” diye yazıyordu. Lyon’un *New Scientist*’in manşetini kullanması, tam da Dennett ve mektubu birlikte yazdığı isimlerin korktuğu şeydi.

Derginin kapağı ve ağacın önemli olup olmadığıyla ilgili kötü kokuların ortasında, *New Scientist*’ten gelen –imzasız bir editör yazısı olarak çıkan– daha sakın tonlu yorum büyük oranda dikkatlerden kaçmıştı. Bu önsöz niteliğindeki yazıyla amaçlanan, Lawton’un makalesini perspektife yerleştirmek ve en baştan, yaratılışçıların Lyons’un yazısında yaptığı gibi keyifle ortaya attığı yanlış yorumlamaları çürütmekti. Editör yazısında, biyolojinin aynı fizik gibi gelişmekte olduğu söyleniyordu. Evrimsel düşüncede daha önce de büyük altüst oluşlar yaşanmıştı. Darwin ve Wallace’ın 19. yüzyılda tetikledikleri bunlardan ilkiydi. Mendel’ci genetikçilerin Darwin’ci doğal seçilimi ve matematiği eklemledikleri 1930’lar ve 1940’larda ikinci devrim yaşanmıştı. Bu evrimsel düşüncenin Modern Sentez’i olarak bilinir oldu ve aynı zamanda neo-Darwin’cilik olarak tanındı. Nitekim şimdi, moleküler biyoloji ve genom dizilimlerinin çağında, önemli biyolojik konuların “şimdiye dek hayal ettiğimizden katbekat karmaşık olduğu ortaya çıkıyordu.”³⁰² Bu çok hafif kalan bir tabirdi.

Editörler şöyle diyordu: “Darwin’in 200. yaş gününü kutladığımız günlerde, biyolojiyi değiştirecek ve güçlendirecek bir üçüncü devrimin yaşanmasını bekliyoruz.”

Peki, bu üçüncü devrim yaşanıyor muydu? Yaşanıyorsa bu devrimin, Francis Crick’in farklı yaratıklar arasında ilişkileri ölçmek için “protein taksonomisi”ni öne çıkardığı muğlak ama akıllıca teklifin Carl Woese tarafından benimsenmesiyle başladığını pekâlâ söyleyebilirdiniz. Woese’in yalnız başına yaptığı çalışmalar, bugün moleküler filogenetik sahasının kalabalıklaşmasına ve 16S rRNA gibi çok güçlü bir işarete rağmen yatay gen transferinin yaşamın tarihini, Charles Darwin’in tahmin edemeyeceği kadar karmaşık hale getirdiğinin kabul edilmesine yol açtı. Ayrıca Woese’in Darwin’ci Eşik dediği şeyin öncesinde kalan o uzak geçmişte ne tür olağanüstü şeylerin yaşandığını sorgulayan yeni bir merak dalgası yarattı. Hepsi evrimle ilgiliydi ve nasıl Einstein’la kuantum mekaniği Isaac Newton’unkini geride bırakmışsa o da Darwin’in düşüncesini çürütmeden onun ötesine geçmişti. “Bunların hiçbiri yaratılışçıların imdadına yetişmemelidir,” diye ekliyordu *New Scientist* editörleri.³⁰³ Ama elbette yine imdatlarına yetişmişti.

New Scientist'in sayfalarında bu gürültü patırtıların yaşandığı dönemde, Ford Doolittle yarı ciddi bir şekilde “felsefeye çekilişim” dediği şeye başlamıştı. Toplantılarda ve yayınlarında söyledikleri, özellikle 1999'da *Science*'ta çıkmış yazısındaki ifadeler onu, yatay gen transferinin son derece önemli olduğunu ve “yaşam tarihini bir ağaç olarak temsil etmenin uygun olamayacağı”nı dillendiren görüşün önde gelen sözcülerinden biri yapmıştı.³⁰⁴ Bütün mesele ağacın olup olmadığıydı. Birbirine paralel iki mücadele yürüttükleri için çoğu biyolog için –sadece Dawkins, Dennett ve Coyne'dan ibaret değildi– bu çok önemliydi: Elbette biri yaşamın tarihini anlama mücadelesiydi ama aynı zamanda evrimsel teori öğretisini yaratılışçıların retorik ve politik saldırılarından koruma mücadelesi de yürütüyorlardı. Şimdi artılarını ve eksilerini tartışan “ağaç seviciler” ve “ağaç kesenler”le ağaç imgesinin kendisi ihtilafli bir şeye dönüşmüştü.

“Bu kutuplaştırıcı tartışmayı başlattığım için mutsuz sayılmazdım,” demişti bana Doolittle. “Çünkü faydalı olmuştu.” Tartışma taze ve yeni düşüncelerle çalışmaların uyarıcısı oldu. İnsanları daha fazla veri toplamaya itti ve yeni hipotezlerin oluşmasını sağladı. “Ba-

zılarının ilginç ve muhtemelen doğru olduğu, bazılarınıninsa” –kıkırdayarak– “sadece ilginç olduğu görüldü. Sanırım her zaman, yüzde 50 ihtimalle yanılmıyorsanız yeterince cesur olmadığınıza inandım,” demişti. Fakat verimin ve faydanın azaldığı bir noktaya gelinmişti. “Dergilerin hepsini, ‘Ah, bu makale beni savunuyor mu yoksa bana karşı mı çıkıyor?’ diyerek açmaktan sıkılmıştım.” Giderek büyüyen bir berraklıkla, bunun aslında bilimsel bir mesele olmadığını fark etmişti. Felsefi, temsilî ve semantik bir meseleydi. Doolittle bana şöyle anlatıyordu: “Bir yaşam ağacının var olup olmadığı, bütünüyle yaşam ağacıyla kastettiğimiz şeye bağlı.”

Bu durum ona, Plutarkhos’un 2.000 yıl önce *Theseus’un Hayatı*’nda kayda geçirdiği ve filozoflar tarafından Theseus’un Gemisi problemi olarak adlandırılan klasik paradoksu hatırlatmıştı. Efsanevi kahraman Theseus Girit’teki destansı macerasından sonra Atina’ya döner ve Atinalılar devamlı gemisini tarihî bir eser olarak muhafaza ederler. Ama bu işleyen ve çalışan bir eserdir. Onu bir kenara kaldırmazlar veya bir kaidenin üzerine koymazlar. Önemli törensel yolculuklar için kullanırlar. Tahtalarından bazıları zamanla çürür ve değiştirilmeleri zorunlu olur. Çürüyen tahtalar arttıkça yerine yenileri konmalıdır. Peki, hangi noktada “Theseus’un Gemisi” artık Theseus’un gemisi olmaktan çıkar?³⁰⁵ Söylemesi güçtür. Doolittle’a göre aynı sorun bir organizmanın kimliği ve yatay gen transferiyle geçen milyarlarca yıllık soyu için de geçerlidir. Genleri yarı yarıya bakterilere yarı yarıya arkelere aitse, bu organizma bakterilere mi yoksa arkelere mi ait olur? Yoksa bu cevaplama imkânsız veya masalsiz bir soru mudur?

Doolittle ağacı anlamak için en iyi yolun, tüm yaşamın geçmiş ve ilişkiselliği üzerine bir hipotezi temsil etmesinden geçtiğine karar vermiştir. Bunu 2000’de *Scientific American* için yazdığı makalede, üzerinde çok durmadan ve laf arasında söylemişti. Şimdi yaptığı şey buydu. Gökten düşen veya fikir birliğiyle varılan “çekici bir hipotez” değildi sadece.³⁰⁶ 1837’de Charles Darwin’in B isimli not defterine o küçük eskizi çizerek ve üzerine “böyle düşünüyorum” diye yazarak formüle ettiği hipotezdi. Hipotez Darwin’in canlı yaratıklar ve fosillerde görmüş olduğu, onu evrimin gerçekten yaşandığı sonucuna

götürmüş örüntüleri açıklama amacını taşıyordu. Peki gerçekten evrim varsa, *nasıl* yaşanmıştı? Darwin'e göre ortak atalarla, birkaç özgül formla veya belki de sadece tek bir formla başlamıştı. Değişimleri yavaş yavaş aktarmalarıyla bazı formların diğerlerinden ayrılmaları, sayısız tür içinde farklılaşmalarıyla başlamıştı ve bu değişimleri şekillendiren esas etmen doğal seçim dediği süreçti. Hepsi doğrusa, yaşamın tarihi neye benziyordu? Darwin'in ortaya attığı hipotez şuydu: Ağaca benziyordu.

Fakat ağaç hipotezi, tüm yatay değişimlerle bakteriler ve arkelerin tarihi için zayıf kaldığı gibi diğer şeylerde de kusurlarla doluydu. Suçu Darwin'e atılamazdı. Düşüncelerini arapsaçına çevirecek moleküler filogenetik daha ortada yoktu. Yatay gen transferi hakkında bir şey bilmiyordu. Görebildiği bulgulardan hareketle elinden gelenin iyisini olabildiğince iyi bir şekilde yapmıştı.

Axel Erlandson İsveç'te doğmuş Amerikalı bir çiftçiydi. Çocukken Amerika Birleşik Devletleri'ne getirilmiş, Minnesota'da büyümüş ve 1902'de ailesiyle birlikte sulak arazilerle uzun gündüzlerin vaadiyle California'da Orta Vadi'nin cazibesine kapılmışlardı. Evlenmiş, bir kızı olmuştu. California, Hilmar yakınlarında bulunan, Modesto ve Merced'in ortasında kalan arazisinde fasulye ve başka ekinler yetiştirmeye koyulmuştu. Bir gün gözü çalı çitinin içinde doğal bir birleşmeye takıldı: İki ayrı çalıdan çıkmış iki dal öpüşüp iç içe geçmişlerdi. Bu anomaliden ilham alan Erlandson, Wisconsin'li John Krubsack'ın yaptığı gibi kendisini aynı eski hobiyle uğraşırken bulmuştu: Ağaçları eğlenceli ve doğal olmayan şekillere sokma. Nasıl yapacağını deneme yanılma yoluyla öğrenmiş ve inanılmaz sonuçlara ulaşmıştı. Yöntemlerinin içinde budama, aşılama, eğme, dolayık fidanları dışarıdan kazıklar ve iskelelerle destekleyip bulundukları pozisyonda katılışp büyümelerini sağlama vardı. Ayrıca kendisine bu tuhaf ağaçların sırrı sorulduğunda takılarak, "Onlarla konuşuyorum," diyordu.³⁰⁷

Erlandson firavuninciri, söğüt, kavak, huş ağacı ve (Krubsack gibi) akçağaç gibi esnek türleri seviyordu. Yarattığı şeyler betimleyici isimlerle tanınmıştı. Çaprazlamasına iç içe geçmiş diyagonal kollardan oluşan, bazı kolların diğer kollardaki deliklerden geçtiği bir İğne-İplik Ağacı yetiştirmişti. Sıra halinde dikilmiş on küçük ağaçtan yükselen ve vitray levhalardan yapılma koca bir bileşimi andıran Katedral Penceresi yetiştirmişti. Ayrıca Merdiven Ağacı ve Telefon Kulübesi Ağacı, Kızılderili Çadırı Ağacı ile Çift Gözlük Ağacı, Kemeraltı Ağacı, Döner Kapı Ağacı ve Dokuz Parmaklı Bir Dev Ağacı yetiştirmişti. Altı firavunincirinden tek bir Sepet Ağacı yaratmıştı. Daha önce kimse böyle şekiller görmemişti. Yaban hayatında veya ehlileştirilmiş koşullarda, kendi ağacı kurallarıyla yetişen doğal ağaçlar arasında görülmedik şeylerdi. Erlandson kafasında var olamayacak ağaçlar tasarlıyor ve bunların yetişmesini sağlıyordu. Adam tehlikesiz bir kaçıktı.

Belki de değildi. Bu uğraşla geçirdiği 20 yıldan sonra, İkinci Dünya Savaşı'nın sona ermesiyle ve savaştan sonra California'da turizmin gelişmeye başlamasıyla, aklına ağacı yapılarını yol kenarlarına dikip insanların dikkatini çekme fikri geldi. Belki hobisi kendisine biraz para kazandırabilirdi.

San Jose ve Santa Cruz arasından geçen, okyanusa doğru büyümekte olan banliyölerden uzanan eski zemin yol üzerinde arazi satın aldı ve tuhaf fidanlığını yeni mülküne taşıdı. Özgün ağaçlarından nakledilebilenleri buraya dikti. Diğerlerini de kesip oraya mobilya gibi taşıdı ve başka ağaçlar yetiştirmeye başladı. 1947'de işletmesini açtı. Çok olmasa da biraz iş oluyordu. Ziyaretçiler arabalarını çekip durduklarında ve zilini çaldıklarında Erlandson ufak bir ücret karşılığında onlara koleksiyonunu gösteriyordu. En azından 17. Otoyol'un açılıp yeni rotanın trafiğin çoğunu eski yoldan uzaklaştırdığı güne dek, azar azar da olsa düzenli gelir sağlayan bir müşteri kitlesi vardı. İşlerin iyi gittiği yıllarda 320 dolardan fazlasını kazanıyordu. Mekânına, Ağaç Sirki adını vermişti.

Bizi ilgilendiren Axel Erlandson'un daha sonra yaptıkları değildir. Sadece ağaç budama sanatının esrarengiz ve doğadışı yanına

vurgu yapmaktayım. Yukarıda okuduğunuz gibi, özgün biçimlere sahip ağaçlardan oluşan diğer sirk 1990'ların sonlarında ve bu yüzyılın ilk 20 yılında genom verileri ve filogenetik analizlerle kurulmuştu. Bu ağaç budama teşebbüsü sürmektedir. Ford Doolittle hepsinin ne anlama geldiğini düşünmek için felsefeye “çekilmiş”tir fakat eski lisans öğrencileriyle post-doktora adaylarının çoğu bu alanın önde gelen araştırmacılarına dönüşmüşler, yaşamın derin tarihine ışık tutmaktadırlar. Bill Martin ve meslektaşları aynı Peter Gogarten, Jeffrey Lawrence, Eugene Koonin ve bırakın listelemeyi, adlarını tek tek saymanın bile imkânsız olduğu daha birçok kişi gibi önemli çalışmalar yapmayı sürdürmektedirler. Son on yılda genç araştırmacılar ve taze sesler –İsveç'te arkelerin yeni türleri ve evrimin erken dönemlerine tutmuş olabilecekleri ışık üzerine araştırmalar yapan Hollandalı Thijs Ettema gibi– ön plana çıkmışlardır. Dizilimi çıkarılan genomlardaki devasa artış, kamuoyuna açık veritabanlarıyla bilgilerin tüm araştırmacılara açık olması ve bu genomları analiz etmeye yarayan bilgisayarların güçleriyle yazılımsal araçların gelişimi keşif dalgasını ve yeni kavrayışları çok yüksek zirvelere taşımıştır. Kimse kapsamlı bir şekilde izlerini süremez veya çizgisel bir anlatıya indirgeyemez olmuştur. Fakat tüm yeni verilerin, fenomenlerin ve fikirlerin ortasında, bu biliminsanları çok büyük sorulardan bazılarına yanıtlar aramaktadırlar.

Özellikle üç soru ön plana çıkmaktadır. İlk soru şöyledir: Charles Darwin'in yanıldığı doğru mu? Doğruysa, yanıldığı şey ne? Evrim teorisi ağır bir darbe mi aldı, yoksa üzerinde değişiklik mi yapıldı? İkinci soru: Ökaryotik hücrelerin kökenleri neler? Endosimbiyoz ile Merezhkowsky, Margulis ve diğer savunucularının fikirleri bu soruyu daha yeni yanıtlamaya başlamıştır. Mitokondriler ve kloroplastlar yakalanmış bakterilerdir, tamam. Peki, yaklaşık iki milyar yıl önce yaşanmış ve prokaryotlardan ökaryotlara geçişi sağlamış o çıkır açıcı geçiş ne olacak? Hücre çekirdeği nasıl oluştu? Bu süslü gelişmelerin tümüne ev sahipliği yapan alıcı yani konak hücrenin kimliği neydi? Tüm hayvanların, bitkilerin, mantarların ve diğer ökaryotik yaratıkların atası olan o karmaşık hücreli yapıları birleşerek yaratmış materyaller ve koşullar tam olarak nelerdi?

Üçüncü ve en hassas noktaya parmak basan soru şuydu: Bu keşifler insanın kimliğine dair ne gibi etkiler taşıyor? İnsan birey nedir? *Sizler* nesiniz? Buradaki gerçeklik düşündüğünüzden çok daha tuhaftır.

7

*E Pluribus Human**

(Lat.) Çokluktan İnsana. (Ç.N.)

Bakterilerin ve diğ er mikropların sağlıklı insan bedenlerini mesken tuttuğunun fark edilmesi çok uzun zaman öncesine, en azından Antoni van Leeuwenhoek'in di lerinden kazıdığı plakları merceklerinden biriyle incelediği güne uzanır. Bu noktadan, biliminsanlarının diğ er yaratıklar tarafından ne derece kolonile tirildiğimizi takdir edip bunların sayımını çıkarmaya ba ladıkları nokta arasında, yaklaşık 300 yıllık büyük bir sıçrama olmuştur. Bu esnada modern mikrobiyoloji yükselmiştir. Fakat Leeuwenhoek'in ağzında yabancı yaratıklar bularak yaşadığı  oka denk bir sarsıntı, bedenlerimizin çeşitli bileşenlerinde ve yüzeyinde yaşayıp çoğalan o sağlam mikrop topluluklarının keşfiyle değil, genomlarımızda yabancı genlerin bulunmasıyla ya anmı tır.

Mikrobiyom terimini şüphesiz duymu sunuzdur. Bugünlerde haberlerden, dergilerden ve birçok biliminsanın hibe tekliflerinden eksik olmayan çok moda olmuş bir bilimsel sözcüktür. Aynı zamanda ufak yaratıkların büyük yaratıklar içinde önemli bileşenler olarak yaşamasına karşılık gelen, son yıllarda dikkatleri üzerine her zamankinden daha çok çeken bir fenomene verilmiş yerinde bir eti-

kettir. Kelime eskidir fakat Joshua Lederberg terimin, “vücutları-mızdaki alanı kelimenin gerçek anlamıyla paylaşan ve sağlığa etki edip hastalıklara yol açmadıkça tümüyle göz ardı edilen ortakçı, sim-biyotik ve patojenik mikroorganizmaların yarattığı ekolojik toplu-luk” olarak popülerleşmesine yardımcı olmuştur.³⁰⁸ İşaret ettiği gibi *mikrobiyom* çoğunlukla “insan mikrobiyomu”nu yani *bizim* içimizde yaşayan mikrop topluluğunu kastetmeye yarar. Diğer karmaşık ve çokhücreli yaratıkların her biri kendine has sakinlere sahiptir. At mikrobiyomu ve kaplan mikrobiyomu kendi küçük dünyalarında farklı topluluklar barındırırlar. Bizimkisi bize aittir. Bu özel mikrop-lar halkın bir parçası olarak evrimleşmişlerdir. Ve bizler de onlara alabildiğine bağımlı bir şekilde evrim geçirmişizdir.

Elbette insan mikrobiyomu, her çağda her halkta ortak olan ve değişmeyen bir mikrobik türler listesi değildir. Olasılıklar kümesi-dir. Kaleydoskopiktir, yani sürekli değişir. Nasıl “insan genomu” tek bir varlığa işaret etse bile insanlar arasındaki bütün çeşitlilikleri kap-sayan bir ifadeyse, “insan mikrobiyomu” da öyledir. “Bu özel mik-roplar”ın insanların parçası olduklarını söylediğimde kastettiğim, insan bedeninin içinde ve üzerinde yaşayan, kişiden kişiye bir nebze değişen, koşullara ve zamana göre farklılık arz eden bir sakinler lis-tesiyle aralarındaki kombinasyondur.

Mikrobiyomdaki bu değişkenlik, insan sağlığına ilişkin yeni kavrayışla neden bağlantılı olduğunu açıklar niteliktedir. İkamet eden mikropların bileşimi, her birimiz için tesadüfidir. Kim olduğumuza, ne yaptığımıza, nasıl doğup büyüdüğümüze, nereye gittiğimize, ne yediğimize bağlıdır. Dahası ihtimallerinin etkileri vardır.

İnsan mikrobiyomu, araştırmaların ve tıbbi kaygıların önemli odaklarından biri olmuştur çünkü şu tarz sağlıklı koşullardan oluş-an geniş bir yelpazeyle bağlantısı vardır veya bağlantılı olduğundan şüphe edilmektedir: obezite, çocukluk diyabeti, astım, çölyak hasta-lığı, ülseratif kolit, belli türden kanserler, Crohn hastalığı ve diğerle-ri. Biliminsanları, sağlıklı bir insanın sağlıklı ve çeşitli bir mikrobi-yom taşıdığını, mikrobiyom şu veya bu etmenden ötürü tükendiğin-de, rahatsız edildiğinde veya gelişemediğinde zararlı etkilerin ortaya çıkabileceğini fark etmişlerdir. Nasıl insan bedeninde belli mikrop-

ların varlığı sorunlu olabiliyorsa (bunlara bulaşıcı hastalık diyoruz), belli mikropların olmayışı da sorunlu olabilmektedir. İnsanın bağırsağından *Bacteroides thetaiotaomicron*'u alırsanız o kişi sebzeleri sindirmede güçlükler yaşayabilir. Mikroplar arasında yaşanacak denge-sizlikler, belli türlerin aşırı sayıda olması ve diğerlerinin çok azalması da sıkıntı yaratabilir. Sağlıklı bir insanın kalın bağırsağındaki bakteriyel topluluğu antibiyotiklerle altüst ettiğinizde, orada ufak bir grup olarak yaşayan *Clostridium difficile* –ilaçtan sağ kalan ama diğer bakterilerin çoğu yok olduğu için artık rekabetten kurtulan bu bakteri– sayısı kontrol edilemez enfeksiyonlara yol açacak şekilde artabilir. Bağırsak duvarlarını zayıflatabilir, ateşe ve ishale yol açabilir, muhtemelen ölüme bile sebebiyet verebilir.

Yakın zamanda bir tahmine göre, her insan bedeninde yaklaşık 37 trilyon insan hücresi bulunmaktadır. Ayrıca 100 trilyon kadar da bakteri hücresi bulunmaktadır dolayısıyla insan hücreleri bakteri hücreleri karşısında üçte birlik bir orana sahiptir. (Bir başka araştırma daha düşük bir oran verip bu oranın kabaca bire bir olduğunu önermektedir ama yine de bu vücudumuzda 37 trilyon bakteri hücresi olduğu anlamına gelmektedir.) Dahası bu rakamın içinde, rutin olarak bağırsaklarımızda, ağızımızda, burun deliklerimizde, saç köklerimizde, cildimizde ve vücudumuzun diğer yerlerinde ikamet eden bakteri dışı mikropların hepsi –virüs parçacıkları, mantar hücreleri, arkeler ve diğer minik yolcular– yoktur. Bu kaçak yolcular belki on binden fazla türü (veya prokaryotlar için kullanıldığı haliyle katego-ride yatan belirsizlikle “türleri”) temsil etmektedirler. Bu çeşitliliğin yaklaşık onda biri, belki bin tür, sırf insan bağırsağında yaşayan bakterilerdir. Üzerimizdeki trilyonlarca mikrobiyomik hücrelerin her biri genelde insan hücrelerinden çok daha küçük olduğundan, mikrobiyomun tamamı vücut kütleminin sadece yüzde 1 ila 3'lük bir kısmını meydana getirir. Yaklaşık 90 kiloluk bir yetişkinde karşılığı kabaca 1 ila 3 kilo arasındadır. Hacmen belki bir ile dört litre arasındadır. Birkaç litrelik hücreler olmalarına rağmen meşgul ve önemli hücrelerdir.

Ama aktardıklarım, burada varmaya çalıştığım noktanın yarısı bile değildir. Kimi teknik kimi popüler nitelikte olan başka kitaplar,

yakın zamanda insan mikrobiyomunun doğası ve işleyişini tarif etmişlerdir. Bunların arasında en iyilerden biri, Ed Yong'un yazdığı, insanlarda ve diğer türlerde görülen mikrobik ekosistem dinamiklerinin ansiklopedik ve canlı bir analizini sunan *I Contain Multitudes* [İçimde Çokluk Var] adlı kitaptır. Benim amacım farklı ve aynı şeylerin çoğunu tekrar anlatmaya gerek yok. Fakat mikrobiyom kültürel dilimize girdiği için, başka şeylerden bahsederken, çok daha temel ve aldatıcı bir meseleye değinirken iyi bir başlangıç noktası sunmaktadır: İnsan kimliğinin birleşik doğasını kabul eden yeni anlayış.

Leeuwenhoek ağzındaki yaratıkların yarattığı aydınlanmayı, Kraliyet Topluluğu'na yolladığı 17 Eylül 1683 tarihli mektubunda, dört başka insandan alınmış benzer örnekler üzerinde yaptığı ilave gözlemlerle birlikte raporlamıştı. Dışından aldığı bu plak çıplak gözleriyle, "bulamaç kadar kalın, ufak beyaz bir madde" gibi görünmüştü.³⁰⁹ Fakat mikroskobun altında büyüttüğünde daha fazlası açığa çıkmıştı: "Baktığımda büyük bir hayret içinde, neredeyse sürekli gördüğüm şey, bahsettiğim maddede hoş bir şekilde kıpırdayan, çok sayıda ve çok ufak canlı hayvancıkların bulunduğuydı." En büyüklerinin "çok güçlü ve çevik hareketleri vardı ve suya dalışı (veya tükürüğü) aynı bir turnabalığının sudaki hareketlerini andırıyordu." Yani çok hızlıydı: Turnabalığı levrek veya sazana kıyasla ok gibi hareket ederdi. Daha küçük yaratıklarsa "top gibi fırl fırl dönüyorlardı." Zengin ve yoğun bir ekosistemdi. Özellikle Leeuwenhoek'in deneklerinden biri, ömründe dişlerini hiç fırçalamamış yaşlı bir adam olduğundan ondan alınmış olan numune çok zengin ve yoğundu. Yaşlı adamın ağzındaki yapışkan maddeden alınan kokulu numune, "o güne kadar gördüğüm her şeyden daha hızlı ve çevik yüzen, inanılmaz miktarda canlı hayvancık"a rastlamıştı. Bu mikropların arasında "bedenlerini eğip kavis haline getirerek ileriye hareket eden" iri tipler vardı. Bugün geride bıraktığı üstünkörü bulgular yüzünden kimlikleri ayırt edilemeyen çeşitli türde mikroba bakıyordu. Fakat bu dönme ve kavis çizme hareketlerinin hepsi, içlerinde muhtemelen spiroketlerin (sarmal bakterilerin) bulunduğu işaret etmektedir.

Bu olasılığı destekleyen ve daha geniş bir bağlama yerleştiren

şey, mikrobiyologlardan oluşmuş bir ekibin üç yüzyılı aşkın bir süre sonra, 1994 yılında hazırladığı bir rapor oldu. Ekibin lideri Almanya, Freiburg Üniversitesi'nden Ulf B. Göbel'di. 29 yaşında ciddi periyodontit hastası olan (dişlerini çene kemiklerine kadar çürüten bir tür dişeti çekilmesi) bir kadının ağızındaki biyoçeşitliliği araştıran bu biliminsanları, tek bir cinse atfedilmesi mümkün düzinlerce spirokete rastlamışlardı. Cinsin adı sifilise neden olan ufak şeytan *Treponema pallidum* ile meşhur *Treponema*'ydı. Belli ki diğer treponemler* sıkıntılara yol açsa da onun kadar çarpıcı değildi. Bu, kadınlarda görülen türde periyodontite neden oluyorlardı. Fakat bu vakayı bizim için ilgi çekici kılan şey, kişinin ağızında başıboşca gezinen, kemik yiyici sarmalların çeşitliliği değildir. Dikkat çekici olan şey, Göbel'in ekibinin çalışmalarını Carl Woese'a ait metodolojiyi kullanarak yapmış olmasıdır.

Daha net bir ifadeyle, ağız spiroketlerinin onca farklı türünü, 16S rRNA örneklerinin dizilimini çıkarıp karşılaştırarak tanımlamışlardı. Fakat bakterilerle diğer mikropları kültürlerde yetiştirerek ve daha sonra ribozomal RNA'ları çıkararak çalışmış Woese'in ötesine geçmişlerdi. Bazen mikropları esaret içinde yetiştirmek imkânsızdır. Laboratuvarıda kültürlenemeyecek kadar vahşi ve hassastırlar. Bu koşullar altında yeni, bilinmeyen mikropları tespit etmek için farklı bir yöntem ihtiyacı vardır. Göbel ve meslektaşlarının kabul ettiği gibi bu yöntem, Woese'in büyük dostu ve en yakın müridi Norman R. Pace tarafından geliştirilmişti.

Norman Pace 1950'li yıllarda Indiana'nın küçük bir kasabasında büyümüşü. Erken yaşta bilime merak salmış parlak bir çocuktur. Kimya laboratuvarına dönüştürdüğü evinde deney yaparken sol kulak zarını patlatmıştı ve aynı Ford Doolittle gibi Sputnik'ten sonra ciddi bir tavır takınıp kariyerinin takip edeceği yolu görmüşü. Lise-de okuduğu dönemde bir yaz bilim kampına katıldı ve ardından büyük bir şehre üniversite okumaya gitti: Bloomington'a. 1964'te ufku-nun boydan boya genişlemesiyle, yüksek lisans öğrencisi olarak Illinois Üniversitesi'ne geçti. Kendisini oraya çeken şey, o dönemde nükleik asitler üzerine yaptığı çalışmalarla tanınan ve önde gelen isimlerden Sol Spiegelman'ın rehberliği altında doktora yapma olası-lığıydı. Carl Woese de Urbana'ya aynı dönemlerde varmıştı. 36 ya-şındaydı ve doçent doktor olarak işe alınmıştı ama pek tanınmayan bir isimdi. Genetik kodlar üzerine yazdığı ilk kitabın hazırlıklarına yeni başlamıştı. Woese'in laboratuvarı Morrill Hall'ün üçüncü ka-tında, Spiegelman'ınkiyle aynı koridordaydı. Görünüşe göre Pace yine Ford Doolittle'in yaptığı gibi ama ondan birkaç sene önce, genç Woese'i krep tabanlı ve ürkütücü Dr. Spiegelman'a kıyasla daha ar-

kadaş canlısı bulmuş, onu belli açılardan daha ilham verici biri olarak görmüştü.

“Konuşur ve arkadaşlık yapardık. Koridorun hemen ilerisindeydi.” Boulder, Colorado Üniversitesi’ndeki laboratuvarında oturduğumuzda, Pace bana 50 yıl öncesinden böyle bahsetmişti. “Ve çok ilgimi çeken şeyler yapıyordu.” Belki *yapmak* böyle derin spekülasyonlar için yanlış bir sözcük olduğundan Pace hemen düzeltmişti: “Çok ilgimi çeken şeyler *hakkında düşünüyordu*.” Bu ilgi çekici şeyler genetik kodların mekanizmalarından Francis Crick’in sevdiği bulmacaya ve kodların evrimsel kökenlerine kadar uzanıp, yaşamın en eski ve biçimsiz kırıptırlarından bile öteye gidiyordu. Woese büyük sorular üzerine kafa yoruyor, bilimsel sorgulamalarla erişilebilecekmiş gibi görünen şeylerin sınırlarını maymun iştahlı bir biçimde değil, ateşli bir öğrenme arzusuyla zorluyordu. “Koridorda akıllı, kafa dengi bir adamdı,” diyordu Pace. “Yaşamın kökenlerini ve meşru biliminsanlarının düşünmeyeceği türden şeyleri düşünüyordu.” Gülmüştü. “O yıllarda çokça etkileşim halindeydik.” Lisansüstü öğrencisi Pace genç profesör Woese’dan, tez komitesinde bulunmasını istedi. Woese kabul etti ve arkadaşlıkları daha da büyüdü.

O dönemde artık 1960’ların sonuna gelinmişti. Pace mağara gezilerini tutkusu haline getirmiş, motosikletlere ve moleküler biyolojide doktora yapan hayat dolu eşi Bernadette Pace’e düşkün, zinde ve maceraperest bir gençti. Otoyolda kullanmayı sevdiği ve bindiği motosiklet BMW R69S’ydi. O günlerde arkasına eşi Bernadette’i alarak Almanya’dan Türkiye’ye motor yolculuğu yapmıştı. Yolculuktan sonra eşi de kendine motor istemişti. “Trapeze girişmeden önceydi,” diye anlatıyordu bana Pace. Bernadette profesyonel becerisiyle çok başarılı bir trapez göstericisi olmuştu. İçlerinden biri yaralandığında (trapezde sık yaşanan bir şeydi) Carson&Barnes Sirk’inde yer alacak kadar yetenekliydi. Norm ve Bernadette bahçelerinde trapez için dört dörtlük bir sistem kurmuşlardı. Bazen çift evlerinde partiler verdiğinde ve Bernadette arkadaşları için gösteri yaptığında, Norm silindir şapkasını, taytlarını ve papyonunu giyip sirk müdürü olarak gösterinin parçası olurdu. Bunların hiçbirini yaptıkları bilimin ciddiyetini bozmuyordu. Yazdığı bir düzineden fazla esrarlı makalede, Bernadette-

te eşyazarlığını yapmıştı. Dahası radikal bir düşünür olsa da muhafazakâr sayılan, Norman'ın daha kaba faaliyetlerini basit birer “gösteriş” olarak gören Woese'in gözünde değerini azaltmıyordu da.

Doktorasını aldıktan, iki yıl post-doktora bursuyla öğrenimine devam ettikten ve ilk akademik işi için Urbana'yı terk ettikten sonra Pace, Woese'a yakın temasını korudu. Denver'daki National Jewish Hospitaland Research Center'da* kendi laboratuvarını kurdu ve tez konusu olarak çalıştığı meseleyle, yani RNA'nın çoğalmasıyla ilgili araştırmalarına devam etti. Ford Doolittle Urbana'dan Denver'a geldi ve post-doktorasını onun çatısı altında yaptı. Ardından ilk dizilim çıkarma çalışmalarında Woese'in parlak ve hünerli asistanlığını yapmış, hâlâ ribozomal RNA'larla ilgilenen Mitch Sogin de aynısını yapmıştı. Pace 1970'li yıllarda ikisiyle ve Woese'la da ortak makaleler yazdı.

1980'lerde çalışmaları yoğun bir şekilde çok zekice bir fikrin hayata geçirilmesine odaklandı: Woese'in mikropları tanımlamak ve onları ilişkisellik ağaçları üzerine yerleştirmek için kullandığı yaklaşımın bir türü, belki laboratuvar da asla yetiştirilemeyecek organizmaların tespitinde kullanılabilirdi. Neticede *ber ne olurlarsa* olsunlar bu bilinmeyen yaratıkların da 16S rRNA'ları vardı. Bunları bulabilir, çıkarabilir, dizilimine ulaşabilir ve numunesini diğerlerinden ayırabilirse, mikropları yetiştirmeye ihtiyaç duymazdı. Saf kültürlerle gerek duyulmazdı. Ya da daha iyisi, numunelerden RNA yerine DNA'ları çıkarabilir, bunları üzerinde çalışma yapılabilecek niceliklere çıkarabilir ve 16S rRNA molekülünün farklı versiyonlarını kodlayan genlere bakabilirdi. Bu yöntem, uç koşulların olduğu ama tür açısından zengin ortamlardaki vahşi ve gizemli ufak yaratıkların yanı sıra, çok uç olmayan ama daha önce gözden kaçırılmış yerlerdeki diğer birçok ufak yaratığa da ışık tutabilirdi. İşe yararsa Dünya'nın biyolojik çeşitliliğine bakan geniş ve yepyeni bir manzara açılacaktı; çünkü gezegendeki yaşam formlarının çoğu mikroptu ve bu mikropların birçoğu asla esaret altında yaşayıp çoğalmaya ikna edilemeyecek –bunu yapmaları imkânsız olan– türlerdendi. Biyolojinin uç-

suz bucaksız, önemli ama hiç görülmeyen karanlık maddeleriydiler.

İşe yaradı. Pace ve genç meslektaşları üç ayrı uç ortamdan alınmış numunelerle ilkeyi ispatladılar. İlki Pasifik Okyanusu'nun binlerce fit derinlerinde bulunan bir hidrotermal bacadan alınmıştı. İkincisi New Mexico, Hurley yakınlarında bulunan bir bakır madenindeki sızdırma gölünden gelmişti. Üçüncüsü ise Yellowstone Milli Parkı'ndaki sıcak su kaynağındandı. Pace'in ekibi hidrotermal bacadan dev bir tüp solucanının dokularını almıştı. Bu dokuları onlara Woods Hole Oceanographic Institution'dan* meslektaşları vermişti ve muhtemelen solucanın numunelerini derin okyanus araştırmalarında kullanılan *Alvin* isimli denizaltını kullanarak elde etmişlerdi. Madendeki sızdırma gölünden bir kilo zehirli çamur almışlardı. Yellowstone ise farklı bir hikâyeydi. Denver'daki çocuklar için bir nebze eğlence gibi olmuştu.

Norm Pace bana, "Ofisimde oturmuş, şu kitabı okuyordum," dedi ve raftan kalın bir cildi çekip aldı. Thomas Brock'un sıcağı seven mikroplar üzerine yazdığı tezdi. Brock, bahsettiğim gibi Yellowstone'daki sıcak su kaynaklarından birinde *Thermus aquaticus*'u keşfeden, böylece DNA'nın güçlendirilmesi ve moleküler biyolojide bunu takip etmiş bütün çalışmalar için polimeraz zincirleme reaksiyon tekniğinin (*Thermus aquaticus* enziminden yararlanılan bir teknik) önünü açan kişiydi. "Kitapta Yellowstone, Octopus Kaynağı hakkında bir makale var," dedi Pace. "İçinde sözde pembe ipliklerden koca bir demetin olduğu bir makale." İplikler "sözde" pembeliklerini bizzat Brock'un kendisinden almıştı. Pembe ipliklerinin bakteriyel yığınlar olduğunu anlamış ama laboratuvarında bunların kültürünü çıkarmayı asla başaramamıştı. Evcilleştirmesi *Thermus aquaticus*'tan çok daha zor mikroplardı ve muhtemelen sebebi kısmen çok yüksek ısılara ihtiyaç duymalarıydı. Brock 1960'ların ortalarında Yellowstone'a gitmeden önce, çoğu mikrobiyolog herhangi bir yaşam formu için en üst sıcaklık limitinin 73 santigrat (163 Fahrenheit) derece olduğunu düşünüyordu. Örneğin *Thermus aquaticus*'u sıcak su kaynağının en dip noktasında değil, suyun dışarıya doğru aktığı

kanalın aşağılarında, 69 santigrat derece gibi görece ılık bir ortamda bulmuştu. Fakat pembe iplikler Octopus Kaynağı'nın en sıcak noktasında, 92 santigrat derecenin üzerinde yetişiyordu. "Feci sıcak," diye hatırlatma yaptı Pace. Su 100 derecede kaynıyordu. Brock'un kitabındaki değerlendirmeyi okurken Pace kendisini, sıcaklığı seven bu mikropların kimliklerini ve nasıl yaşadıklarını merak eder halde bulmuştu. Bunların hepsi 1981'de yaşanmıştı fakat çok net bir şekilde hatırlıyordu çünkü kariyerinin rotasını çizmede büyük bir rol oynamıştı.

Ofisinden bir hışımla fırlayıp, üç mezun öğrencisinin ayakta dikildiği laboratuvara koşmuştu. "Hey beyler, şuna bakın," dediğini hatırlıyordu Pace gururla. "Bu Yellowstone'daki kaynak, Octopus Sıcak Su Kaynağı. İddialara göre içinde yüksek sıcaklıkta yaşayan biyo-kütleden kilogramlarca var!" Kilogramlarca biyo-kütle. İşte "Eureka" bir mikrobiyoloğun ağzından böyle duyuluyordu. Kastettiği şey şuydu: *İmkânsızla yakın bir sıcaklıkta mutlu mesut büyüyen dünyaya kadar tubaf mikrop var!*

Hadi gidip birazını alalım, demişti. Gözünde pembe ipliklerden ribozomal RNA'ları elde ettiğini, dizilimlerini çıkardığını ve yepyeni yaratıklar tanımladığını canlandırıyor. Bunlar sadece bilinmeyen yaratıklar değil, mikrobiyolojinin klasik yöntemleriyle *bilinmesi imkânsız* yaratıklardı. "Tanrım," demişti içinden. "Gerçek dünyada kimlerin olduğunu bulabiliriz." Mikrobiyolojiye has tuhaf ifadelerden biri daha: Bakteriler veya arkelerden adeta birer "kişi" gibi bahsedilirdi.

Yolculuğun ayrıntıları şekillendi ve Pace katılması için Woese'ı davet etti. Böylece Urbana'lı bilge Pace'in ekibiyle birlikte Yellowstone'a doğru yola çıktı. Onlarla gayzerlerin ortasında kamp kurarak, Octopus Kaynağı'ndan numune toplanmasına yardım ederek, bu "gösterişçi mikrobiyoloji"nin şaşkına dönmüş bir katılımcısı oldu. Sıcak kaynağın içinde buldukları, neredeyse kaynama noktasına yakın sıcaklıklarda büyüyen ve sadece ribozomal RNA'larının dizilişiyle nitelendirilen şey, üç formun hâkim olduğu mikrobik bir topluluktu. İki bakteri, biri arkeydi. Üçü de bilim dünyası için yeni canlılardı. Woese Urbana'ya mutlu döndü fakat daha sonra Pace'e

yerde yattığı için oluşmuş sırt ağrılarının ancak aylar sonra geçtiğini söylemişti.

Hemen hemen o günlerde çekilmiş kumlu bir fotoğraf vardı. Laboratuvarda çalışanlardan biri çekmişti ve Carl Woese'in anısına toplanmış literatür içinde saklanmaktaydı. Sakallı Woese ile ince, genç Norm Pace'i gösteriyordu. Her ikisi de tişört giymişti. Pace'in saçları biraz uzuncaydı ve pilot gözlükleri takmıştı. Sol elini beline koymuştu. İki adam havaya kaldırdıkları laboratuvar şişelerinde ne olduğu belirsiz içkilerini zaferle tokuşturmaktaydı. Hadisenin ne olduğu belli değildi. Yellowstone'dan topladıkları o tuhaf ve yapışkan maddeyle döndükten sonra çekilmiş olabilir miydi? Belki. Bu fotoğrafın yeniden basımında gördüğüm kadarıyla, altına basitçe "Krallıkta Dostluk" yazılmıştı.³¹⁰ Gönderme yapılan krallık aslında üç krallıktı, daha doğrusu üç âlem: bakteriler, ökaryalar, arkeler. Bu enstantane resim, o dönemin yalnız ama nefes kesici günler olduğunu ve Pace'in özel bir konumda bulunduğunu hatırlatıyordu. Woese'in yaşamın derin tarihiyle ilgili fikirlerini yıllar sonra doğrulayıp savunma konusunda, temas kurduğu o uzun listeden hiçbir –bölümdeki meslektaşları, Alman hayranları, mezun öğrencileri, post-doktora öğrencileri, laboratuvar asistanları, diğer eşyazarlar ve meslektaşlar–, Norm Pace'ten fazlasını yapmamıştı.

Pace, Carl Woese'in laboratuvarının hiçbir zaman parçası olmamıştı. Woese onun doktora komitesinde bulunmuştu fakat esas danışmanı Spiegelman'dı. Woese'la kurduğu ilişki koridorda gelişigüzel bir şekilde başlamış ve ilgi alanlarıyla kanaatleri ortak olduğundan zamanla derinleşmişti. Boulder'da sohbet ederken dillendirdiği şekliyle, Pace'in kendine has bir tarifi vardı: "Onun bilimsel öğluydum."

İnsanları mesken tutmuş mikroplar asla doğrudan Norm Pace'e ait çalışmaların odak noktası olmadı. Daha çok yeryüzündeki mikrobik çeşitlilik gibi daha geniş bir konuyla ilgileniyordu. Fakat insan mikrobiyomunun aydınlığa kavuşması, kısmen onun ve Carl Woese'ın attıkları adımların takibinde gerçekleşmişti. Woese mikropları sınıflandırmada ve karşılaştırmada 16S rRNA'yı kullanma tekniğinin öncülüğünü yapmıştı. Üzerinde çalıştığı mikroplar, örneğin Ralph Wolfe'un metanojenleri yalıtılmış ve laboratuvarında kültürlenmiş canlılardı. Esaret içinde yetiştirilmişlerdi (her zaman hazır ve kolay olmamış, Wolfe ve Bill Balch bu sorunu metanojenlerle çözmüşlerdi) ve Woese ribozomal RNA'larını bu saf kültürlerden çıkarıp almıştı. Diğer tarafta Pace, kendine has bakış açısı ve becerileriyle, sadece yaban hayatta yaşayan mikrop bulgularını ele geçirmişti. Woese'ın tekniklerini çeşitli ortamlardan alınmış ham numuneleri kapsayacak şekilde genişletmişti ve buna Octopus Kaynağı gibi uç ortamlar da dahildi. 16S rRNA'yı ve onu kodlayan genleri kullanmış, laboratuvarında asla yetiştirilememiş –belki asla *yetiştirilemeyecek*– yeni yaratıkları tespit edip nitelendirmek için her şeyi bu numunelerden çıkarmıştı.

Bu iki katkının önemine şahitlik eden unsurlar, aynı Ulf Göbel'in dişeti çekilmesi ve birçok başka konu üzerine yazdığı makaleler gibi, mikrobiyom literatürünün içinde saklıdır. Ayrıca biyolojinin yeni bir branşı haline gelecek şeyin temelini oluşturan tarihte saklıdır: *Metagenomi*, yani sadece genetik materyalleri üzerinden bilgi sahibi olunabilecek canlı yaratıklar ve topluluklarla ilgili çalışmalar.

Bu esnada insan mikrobiyomu üzerine yapılan araştırmalar, yatay gen transferi hakkında bazı yeni kavrayışlara kapı aralamıştı. Bu fenomenin karınlarımızda, burunlarımızda ve ağızlarımızda yaşandığı görüldü. Bakteriler hep evrim geçirmekteydiler ve evrimle daha ölümcül hale gelmeleri, antibiyotiklere direnç kazanmaları veya insan konaklar arasında aktarılabilir olmaları Darwin'ci başarılarını artırmalarına olanak tanıyordu. Hızlı bir evrim genelde yavaş bir evrimden daha iyiydi ve YGT evrimin dayandığı kalıtsal çeşitliliğe önemli ve yeni olanakların eklenmesini sağlayan en hızlı yolu temsil etmekteydi. Dolayısıyla tesadüfen insanların bağırsağında veya burun deliğinde aynı habitatı paylaştıkları başka bakteri türlerinden yatay transferler yaparak, yepyeni genler elde etmeleri bakteriler için sağ kalma ve kalabalıklaşma olasılıklarını artırmanın etkili bir yoluyla. Eric J. Alm'ın MIT'de yürüttüğü çalışma bunu gözler önüne sermekteydi.

Alm'ın grubu, federal bir enstitü tarafından tutulan entegre ve açık bir veritabanından erişilebilir olan 2.235 bakteri genomunu eksiksiz bir biçimde incelemişti. Başka bir ifadeyle, diğer araştırmacıların topladığı ve devasa boyutlara varan bu dizilim verilerini, *Stranger Things* dizisinin bir sezonunu indirir gibi indirmişlerdi. Bu 2.235 genomun yarısından fazlası "insanlarla bağlantılı bakteriler"den, yani insan bedeninin sakinlerinden, insan mikrobiyomunun üyelerinden geliyordu.³¹¹ Alm'ın ekibi Woese'ın yöntemini takip ederek, bu bakterilerin birbiriyle ne kadar yakın veya uzak ilişkiler kurduğuna standart olsun diye 16S rRNA geninden yararlanmıştı. Bakterilerden her birinin temsil ettiği coğrafi kökeni (en azından kıtayı) bilmekteydiler. Dahası içinden alındıkları ekolojik ortamları da biliyorlardı. İnsanlarla bağlantılı bakteriler söz konusu olduğunda buna insan bedeninde bulundukları kısım da dahildi. Karın mı, ağız mı, vajina mı,

koltukaltı mı, deri mi? Bu üç parametre yani ilişkisellik, coğrafya ve ekoloji yanıtlamak istedikleri sorunun anahatlarını çizmekteydi: Bakteriler arasında yatay gen transferine neden olan en kayda değer faktör hangisiydi?

Şüpheli anomaliler için, verili bir genin birbirine çok benzeyen versiyonlarının iki ayrı bakteri türünde ortak olduğu vakaları görmek için tüm genomları taramışlardı. Bu biyoenformatiğin çok geniş bir ölçekte uygulanmasıydı ama artık geniş çaplı biyoenformatik uygulamalar görece hızlı ve ucuz hale gelmişti. Tümüyle akla yatkın olan varsayımları, iki ayrı soyda ortak olan her yakın gen eşleşmesinin, yakın zamanda o gende yatay transferin yaşandığına işaret ediyordu. Alm, en baştan, bu tür olaylara muhtemelen birkaç kez rastlayacaklarını umuyordu. Laboratuvarından açtığı telefonda bana, “Beş-on tane olacağını düşünüyordum,” demişti. “Beş-on tane bulabilirsek, araştırmayı ilginç hale getirecekti.” Aksine 10.770 tane buldular. Alm’in ifadesiyle bu kadar çok transfere rastlamak, başlı başına “acayip şoke edici” bir şeydi.

Üç parametre içinde ekoloji kesinlikle çok önemliydi. Örneğin insan bedenini mesken tutmuş bakteriler arasında YGT’ye, başka ortamlarda yaşayan bakterilere kıyasla 25 kat fazla rastlamışlardı. Ama hepsi bununla kalmıyordu. Verilerine başka bir açıdan bakan Alm ve ekibi, YGT’nin insan bedeni üzerinde aynı *sahada* yaşayan bakteriler arasında, farklı sahalar arasında yaşanan transferlerden daha sık gerçekleştiğini gördüler. En açık ifadeyle, bağırsağımızda yaşayan bakteriler diğer bağırsak mikroplarıyla gen değiş tokuşu yapmaya daha meyilliydiler. Dişetlerindeki bakterilerde de böyleydi. Aynısı vajinadakiler için de geçerliydi. Deri bakterileri de aynıydı. Bu gen transferleri filogenetik mesafe (çok farklı iki bakteri soyu arasındakiler) yüksek olsa bile ağırlıklı mekânsal mesafelerin kısaldığı alanlarda gerçekleşmekteydi. Birinin vajinasında yaşamanın sağladığı ekolojik koşullar çok özel bir ortamla yakınlık kurma, ortak bir uyum sağlama becerisi sunmaktaydı. Dolayısıyla iki bakteri türünün YGT’yle bir geni paylaşması için özellikle iyi bir fırsat sunuyormuşa benziyordu.

Kısaca içimizdeki bu gen transferlerinde ekoloji filogeniden

daha önemliydi. Fakat verilerde saklı bir başka mesaj daha vardı. Alm'ın ekibi, ayrıca ekolojinin coğrafyadan önemli olduğunu da bulmuştu. İnsanlarla bağlantılı genomlarla oluşturdukları gruptaki mikroplar, farklı farklı kıtalarda yaşayan insanlardan gelmişti. Bekleneceği gibi, aynı kıtadaki bakteriler arasında gen transferi, kıtalar arasındaki gen transferlerinden daha sıklıkla. Fakat bu ölçekte bakterilerin aynı yerde olup olmamasının getirdiği farklılık, vücuttaki alanları içine katan özdeş farklılık kadar büyük değildi. İnsan bağırsağı, vajinası, geniz yolu veya cildindeki ortak ekoloji yatay transfere en elverişli ortamıydı. Aynı bakteriyel soy içinde üyelerin ortak filogeniye sahip olmaları ikinci sırada geliyordu. Aynı kıtada ortak coğrafya içinde olmasıysa üçüncü sırada zayıf bir etmendi.

Alm'ın ekibi şöyle yazıyordu: “Birlikte alındıklarında bu analizler, yakın zamanda YGT'nin kıtaları ve yaşam ağacını aşarak, insan mikrobiyomunu yerkürenin tamamında, ekolojik olarak yapılandırılmış bir ağ içinde birleştirdiğine işaret etmektedir.”³¹² Daha sade bir dille, genler koldan kola yatay olarak hareket halindeydiler ve bedenlerimizin içinde bile böyle hareket ediyorlardı.

Carl Woese, yeni keşifleri dergi raporlarını okuyarak takip ediyordu fakat kendisi artık laboratuvar çalışmalarının ve keşiflerin ön cephesinde değildi. Artık öncelikle bir düşünür olmuştu.

2000’li yılların başlarında, Ford Doolittle ve diğer üst düzey biliminsanları yatay gen transferiyle ilgili etkili uyarılarını yayımlarlarken ve Eric Alm ile diğer genç araştırmacılar bu uyarıları ciddi bir ilgiyle özümserken, Woese hücre evrimi ve “evrensel filogenetik ağaç” üzerine “milenyum serisi” makaleler yazıyordu. Bu makalelerde YGT’nin dünyadaki yaşamın erken aşamalarında muhakkak çok önemli bir süreç olduğunu teslim ederken, az sayıda veriye dayanan ve o günden bu yana önemi azalan son bir savunmada bulunmaktaydı. Bu ona “evrensel” ağacının; yani sadece 16S rRNA bulguları üzerinden çizilen ve bakteriler, ökaryalar, arkeler şeklinde üç ana kolu olan ağacın evrenselliği üzerinde ısrarcı olma şansı vermişti. 1977’de devrimci bir adımla arkeleri yaşamın üçüncü âlemi olarak ilan edişi, savunmak istediği bir ortodoksiye dönüşmüştü. Bilimde işler işte bu şekilde gerçekleşiyordu. Paradigmalar değişiyordu fakat bir biliminsanın yaşamıyla zihninde nadiren iki değişim olurdu.

Woese yalnız değildi (başkalarının yanı sıra Norm Pace de hep onun yanında durmuştu) fakat inatla Tek Gerçek Ağaç'ı savunması onu giderek azınlığa dönüştürüyordu ve bunun farkındaydı. Artık birçok moleküler biyoloğun gözünde, çağlar içinde YGT'nin son derece sağlam ve ağaç biçimli bir filogeniden kalmış "derin ve kadim izleri sildiği" Woese tarafından kabul edilmiş gibi görünüyordu.³¹³ Woese aynı görüşte değildi. "Acele çıkarımları hatalı," diye yazıyordu.

Bu esnada kendi çalışma yaşamı iki açıdan değişmişti. İlki yeni bir üniversiteyle bağlantılıydı. 2002 Eylül'ünün bir günü Illinois Üniversitesi kampüsünün diğer köşesinde bulunan bir kuramsal fizikçiye e-posta yoluyla ulaştı. Nigel Goldenfeld neredeyse ondan 30 yaş genç bir İngiliz'di. Urbana'ya asistan profesör olarak varmış, profesörlüğe yükselmiş ve kariyerinin orta yaşlarını karmaşık etkileşimli sistemlerin dinamiklerini çalışarak geçirmişti. İçinde kristal büyümesi, sıvıların türbülanslı akışı, materyallerdeki yapısal dönüşümler ve kar tanelerinin oluşma biçimi gibi konular vardı. Ortak unsur zaman içinde evrilen örüntülerdi. Goldenfeld Woese'la hiç tanışmamıştı ama ününü biliyordu. Daha sonra bu ilk sinyale, "Hayatımın en önemli e-postası," diyecekti.³¹⁴

Woese Fizik Bölümü başkanıyla temasa geçmiş ve ona şunu söylemişti. "Yardımcı olacak bir fizikçiye ihtiyacım var. Kimi aralıyım?" Bölüm başkanı Goldenfeld'i önermişti. Woese mesajında, karmaşık dinamik sistemler konusunu –*birileriyle*– tartışmak istediğini söylüyordu. Moleküler biyolojinin vizyonunu tükettiğini ve çarpıcı ölçüde yeni kavrayışlar etrafında yeni bir odak notkasına gereksinim duyduğunu yazıyordu. Bu kavrayışa hücrenin kendi başına karmaşık bir dinamik sistem olduğunun ve belki hücre evriminin ancak bu yolla anlaşılabilir olacak aşamalardan geçtiğinin kabul edilmesiyle ulaşılabilirirdi. Karmaşık sistemler birbiriyle rasgele etkileşime girdiklerinde, kimi zaman birbiriyle bağlantısız unsurlar arasında var olanları aşan özellikler ortaya çıkmaktaydı. "Telefon numaram 3-9369," diye yazıyordu Woese. "Eğer bu meseleyi benimle tartışmayı arzu ederseniz."³¹⁵

Goldenfeld hemen yanıt verdi. Gururu okşanmış, konu ilgisini çekmişti fakat itiraf ettiği gibi biyoloji hakkında çok şey bilmiyordu.

Woese e-postayla cevap verdi: “Şu anki haliyle biyolojide kendinizi evinizdeymiş gibi hissetmemeniz mümkün fakat bu konuda yardımda bulunacak olursam bu saha kesinlikle size doğru hareket ediyor.”³¹⁶ Görünüşe göre zihnindeki şey sadece sohbet etmek değil, işbirliği kurmaktır. Woese karmaşık etkileşimli sistemleri anlayan ve dinamiklerini keskin bir matematik bilgisiyle değerlendirebilecek bir ortak istiyordu. Bu ortağın bakterileri arkelerden veya Darwin’i Dawkins’ten ayırt edip etmediği onun için o kadar önemli değildi.

“Böylece onun ölümüne dek sürecek on yılı aşkın bir bilimsel ortaklık ve dostluk başladı,” diye yazacaktı Goldenfeld sonrasında.³¹⁷ “Bu sürede neredeyse her gün buluşurduk ve buluşmadığımızda telefonla veya e-posta yoluyla görüşürdük.” Woese’in kendisi de fizik eğitimi almıştı: Amherst’te lisans öğrencisiyken matematik ve fizik okumuş, Yale’de biyofizik doktorası yapmıştı. Bunların ötesinde Woese, doktora danışmanı Ernest Pollard sayesinde Cambridge’deki yüce Cavendish Laboratuvarı’na kadar uzanan bir akademik silsileden gelmekle gurur duyardı. Pollard’ın Cavendish’teki doktora danışmanı nötronu keşfetmiş James Chadwick’ti. O dönemde laboratuvarın başında, radyoaktivite ve atomun diğer gizemlerini çözmüş Ernest Rutherford vardı. Rutherford kadrolu olmadan önce, Cavendish’i William Thomson (Lord Kelvin) yönetmişti ve Thomson’dan önce de James Clerk Maxwell vardı. Bunlar modern fiziğin dev isimlerindendi ve Chadwick, Rutherford ve Thomson’a ek olarak Cavendish Laboratuvarı’nın 26 ayrı üyesi de (Watson ve Crick isimli iki biyologun da içinde olduğu) Nobel Ödülü almıştı. Nigel Goldenfeld’in fizik doktorasını Cavendish’te yapmış olması, Woese’in kariyerinin son aşaması için onun cazibesini muhtemelen genç bir meslektaş karşısında daha da artırmıştı. Şimdi bu kariyerin yolu yeniden biyofiziğe ve matematiğe dönmekteydi; çünkü Woese evrimin erken dönemini, Darwin’ci Eşik’ten önceye uzanan RNA dünyasını ve yaşam ortaya çıktıktan sonra çeşitliliğin nasıl bu denli hızlı bir şekilde arttığıyla ilgili esrarı derin bir şekilde kavramak istiyordu.

Woese ve Goldenfeld on yıllık ortaklıkları boyunca bir dizi makale yazdılar. Bunlar arasında en önemli ve cesur olanı genetik kodun kökenleriyle ilgiliydi. Kalin Vetsigian isimli genç bir fizikçinin

de eşyazar olduğu bu makale 2006'da yayımlanmış ve Woese'in 1967 tarihli kitabında boğuştuğu konuyu ön plana çıkarmıştı. Kodlardaki evrenselliğin (tüm yaratıkların aynı aminoasitlerde toplanmak için aynı üç harfli DNA kombinasyonlarından yararlanması) yaşamın erken tarihi içinde, Francis Crick'in iddia ettiği gibi izi evrensel atalar içinden küçük bir kesitin yaşadığı tesadüflerde bulunacak "donmuş bir rastlantı"yı değil, dinamik bir evrimsel süreci yansıttığını söyleyen radikal bir iddia koymaktaydı. Bu önerme makalede bir bilgisayar modeli ve kuvvetli dozda bir matematikle desteklenmekteydi. Dinamik sürecin içinde, yeniliklerin farklı soylar arasında paylaşılmasını mümkün kılmış "Darwin'ci olmayan" mekanizmalar vardı.³¹⁸ Dahası *sadece* mümkün hale getirmekle kalmayıp, bu paylaşımı zorunlu kılacak kadar avantajlı bir kapasiteye dönüşmüştü. İddialarına göre bu "Darwin'ci olmayan" mekanizmalar arasında, daha sonraki dönemlere kıyasla "çok daha sınır tanımaz ve yaygın" bir düzeyde yaşanmış yatay gen transferleri vardı. Yatay yollarla aktarılan genler, bu görüşe göre bağışlayan organizma biraz farklı bir kod kullansa bile alıcı için değerli olabiliyordu. Nitekim bu başıboş transferlerin sonucu, diğer faktörlerle birlikte, tek bir kodlama ve tercüme tarzında konsensüse varılmasıydı. Böylece bir canlı soyuna ait genlerin başka soylara optimal şekilde uyarlanabileceği evrensel bir kod oluştu. YGT Vetsigian, Woese ve Goldenfeld'e göre sadece kadim ve yaygın bir fenomenden ibaret değildi. Erken evrim döneminin önde gelen etmenlerinden biriydi. Bildiğimiz şekliyle yaşamı ve tüm yaşamın inşa edilmesini sağlamış bilgi sistemini biçimlendiren etmendi.

Goldenfeld-Woese ortaklığının unutulmaz çalışmalarından diğeri, bir yıl sonra *Nature*'da "Biology's Next Revolution" [Biyolojinin Bir Sonraki Devrimi] başlığıyla çıktı. Sadece tek bir sayfadan oluşuyordu. İki yazarın ilan ettiği şekliyle yazının amacı, yeni düşüncelerin ve "çığ gibi büyüyen genom verileri"³¹⁹ sayesinde ortaya çıkmış radikal bir dönüşümün yakın zamanda nasıl bilimin tamamına yayılacağını ve muhtemelen biyologları temel ilkelerinden bazılarını gözden geçirmeye zorlayacağını, bunlara türler, organizma ve evrimin kendisiyle ilgili kavramların da dahil olduğunu açıklamaktı. Açıklamaları yatay gen transferiyle başlıyordu.

“Mikroplar arasında YGT her yana yayılmış ve güçlü bir şey,” diye yazıyordu Goldenberg ve Woese.³²⁰ Sadece fi tarihine ait bir şey olmadığını kabul ediyorlardı (Woese’in daha önce kabul etmeye isteksiz olduğu şey). “Mevcut araştırmalar güçlü bir şekilde gösteriyor ki, mikroplar çevrelerine tepki verirken gerekli görmeleri halinde genleri özümseyip atmaktadırlar.” Bu genetik akışkanlık sebebiyle iki adam, bakteriler ve arkeler arasında “tür” kavramının yararsız olduğunu iddia ediyordu. Genlerin yanlara akması, bilginin sınırların ötesine taşınması ve enerjinin topluluklarla çevre sayesinde hücrelerden yukarıya akması nedeniyle, “organizma” kavramı –yalıtılmış bir canlı, ayrık bir yapı olarak– geçerliliğini yitirmiş gibi görünüyordu.

Ayrıca bilindik Darwin’ci anlamıyla “evrim” meselesi vardı. Bu da demode olmuş gibi görünüyordu. İddialarına göre yeni fikirleri –evrimsel yeniliklerin artan mutasyonlardan farklı araçlarla olabileceği ve dikey kalıttan farklı yollarla yayılabileceği fikri– Darwin’ci modeli sorgulamaya açıyordu. O dönemde Woese biyolog Stuart Kauffman ve fizikçi Ilya Prigogine gibi parlak ve geleneklere aykırı bilim düşünürlerinden bazılarını okuyordu. Bu okumalara kaos ve karmaşıklık teorisi olarak bilinen fikirler girdabı eşlik ediyordu. Bu teori, karmaşık ve etkileşimli sistemlerde öngörülmesi imkânsız ve fevkalade ayrıntılarla dolu “yeni özelliklerin” kendiliğinden belirebileceğini önermekteydi. Özellikle Kauffman *The Origins of Order* [Düzenin Kökenleri] ve *At Home in the Universe* [Evren İçinde Evde] gibi kitaplarda, biyolojik sistemlerin içinden “öz-örgütlenme”nin çıkma olasılığına işaret etmekteydi.³²¹ Bazı biyologlara göre bu fikirler tehlikeli derecede metafizikseldi ve Darwin’ci teoriyi reddetme yönünde atılmış adımlardı. Yanlış anlaşılmaları halinde, ki mutlaka öyle olacaktı, yine yaratılışçıların yararına olup onların içine su serpecekti. Fakat daha fazlasına susamış Woese için hepsi çok çekici görünüyordu.

RNA dünyasının zengin kaosu içinde bir yerlerde, Goldenfeld ve Woese bir “işletim sistemi”nin kendiliğinden oluşmuş olabileceğini, bu sayede RNA’nın kendisini kopyalaması sırasında yaşanan rasgele hatalardan türemiş ve ümit vaat edici yeniliklerin iletilip uy-

gulanabildiğini yazmışlardı.³²² Neticede hücrelerde görülen, DNA'daki bilgileri işleyen proteinlere dönüştüren tercüme mekanizmasına işaret ediyorlardı. Bu mekanizmanın çekirdeğinde ribozom bulunuyordu ve onun da çekirdeğinde Woese'ın sevdiği 16S rRNA molekülü vardı. Bu düşünce bir diğerinin kapısını aralıyordu: Goldenfeld ve Woese'ın tabiriyle ilk yaşam "Lamarck'çı bir şekilde" evrimden geçmişti; yani dikey kalıtım yatay gen transferine kıyasla o kadar önemli olmadığı için kazanılmış özellikler kalıtım yoluyla aktarılmıştı. "Dolayısıyla Darwin'in ismini evrimle birleştiren geleneksel tutumu üzücü buluyoruz çünkü diğer şekillerin de ele alınması zorunluluk." Şunu söylemenin süslü bir yolu vardı bu: *Darwin'i direğinden aşağıya indirelim. Tümüyle yanlış olmayabilir fakat teorisi ilk iki milyar yılı aktaramıyor.*

Woese'in çalışma yaşamındaki diğer değişim çok daha önce, 1997 yılında okul müdürü, birkaç dekan, diğer fakültelerden bazı kişiler ve Illinois Üniversitesi'ne büyük bir bağış yapmayı düşünen bir yardım kuruluşundan temsilcilerin olduğu bir toplantıya geç girmesiyle başlamıştı. Verilmiş olsaydı bağış karşılaştırmalı genom çalışmaları için bir merkez kurulmasını sağlayacaktı. Bağış teklifi memeli genomları ve immünoloji üzerine çalışan bir biyologtan, Woese'in arkadaşı genç bir adamdan gelmişti. Memeli ahababı Harris Lewin, giriştiği iş için süslü bir isim de icat etmişti: *Filogenetik*. Lewin bu ilk çalışmalarda baş araştırmacı olacaktı. Woese yıldızlaşmış ismiyle katkı sunacaktı ve vakfın program müdürü parayı bağışlamadan önce konuşmasını dinlemeyi çok istiyordu. Fakat Woese önceki gün merdivenden düşüp boynunu incitmişti ve diğer şeylerin yanı sıra (kendine has tuhaflıkları da bunlardandı) bu sebepten ötürü meslektaşları toplantıya katılmasını beklemiyorlardı. Nihayetinde çıkagelmişti. Harris Lewin'in daha sonra hatırladığı kadarıyla "boyunluguyla tüyler ürpertici bir figürdü" ve konferans masasının sonuna sessizce oturmuştu.³²³ Rahatsız görünüyordu. Muhtemelen acı için-

deydi. Program müdürü ona şunu sordu: “Evet Profesör Woese, filogenetik sizin için ne anlama geliyor?”

Derin bir nefes aldı, gözlerini kapattı ve nakarata başladı. Lewin konuşmasını “odadaki herkesi entelektüel bir hayret içinde bırakan doğaçlama bir açıklama, bilimsel bir bilincin akışı” olarak hatırlıyordu.³²⁴ “Hepimiz bir an Carl’ın olağanüstü bir şey yapmış olduğunu bilerek ve sersemlemiş bir vaziyette yerlerimizde oturuyorduk.” İhtiraslı programın tümü için şu gerekçeyi sunuyordu: Yaşayan organizmalar arasındaki gerçek ilişkileri açığa çıkarmak, moleküler bulgularından yararlanmak ve gezegendeki tüm yaşamın gerçek tarihine ışık tutmak için bu ilişkileri geriye kadar takip etmek. Vay, sadece bunlar mı? “Keşke konuşmasını kaydetseydim,” demişti Lewin sonrasında.

Woese’in performansı özellikle Lewin’i çok şaşırtmıştı çünkü Woese’in *filogenetik* sözcüğünü bile sevmediğini biliyordu. Kulağa zekice geliyordu ama müphemdi. Ama illa bir sözcük bulunacaksa bağış verenler için yeterince iyiydi. Woese’in kendi çalışmalarına ek olarak Lewin’inkileri ve Urbana’da topladıkları disiplinlerarası ekibin yaptıklarını kapsayacak bir etiket olabilir, onların teşebbüslerini diğer yerlerdeki girişimlerden ayırt edebilirdi. Lewin’in düşüncesine göre Woese hedefi tutturmuş ve yaşamı boyunca onu bünyesinde barındırmış üniversiteye duyduğu sadakat gereği konuşmasını yapmıştı. “Bunu Illinois için yapmıştı.”

Onu harekete geçiren saikler ve dile getirmedeği çekinceleri ne olursa olsun yaptığı işe yaramıştı. Vakfın çeki iyi ay içinde üniversiteye ulaşmış –çok daha büyük bir girişimin başlangıç parası– ve proje başlamıştı. On yıl geçtikten ve 75 milyon harcandıktan sonra, üniversite Lewin’in kurucu müdür, Woese’ınsa yerleşik âlimi olduğu Institute for Genomic Biology’yi açtı.

Harris Lewin başka sebeplerin dışında bilimsel arka planlarında büyük farklılıklar olduğu için, kendisini Carl’ın “beklenmedik bir arkadaşı” olarak görüyordu.³²⁵ Lewin hayvan bilimleri denen, besi hayvanları ve onların sağlığını etkileyen faktörlerle ilgili olan, içine genetiğin ve immünolojinin girdiği bir sahadan geliyordu. Ayrıca ineklerin genomlarını işgal eden bir retrovirüs olan sığır lösemi vi-

rüsü gibi konular üzerine çalışıyordu. Woese bilimsel açıdan hayvanlarla pek ilgilenmiyordu çünkü kafasını meşgul eden evrimsel sorular çok daha eski zamanlara uzanıyordu. Hayvanlar yaşam ağacının saçaklarında ufak bir sapı temsil etmekteydiler ve kendisi büyük, derinlere giden kollara kafayı takmıştı. Lewin Woese'in erişilmezliğiyle ilgili "birtakım korkunç şeyler" işitmişti ama Urbana'da geçirdiği on yıla yakın süreden sonra, kendi çalışmalarının seyri karşılaştırmalı memeli genomuna yöneldikçe kendisiyle bir şekilde tanışmayı isteyecek kadar merak eder olmuştu.

Lewin Davis, California Üniversitesi'nde yaptığımız sohbette bana, "Daha çok yalnız ve öfkesi burnunda bir tip olarak algılanıyordu," demişti. Üniversitede üstlendiği araştırmalardan sorumlu rektör yardımcılığı görevini yakın zamanda tamamlamıştı. Şöyle devam etmişti: "Oysa karşımda hakkında söylenen her şeyden alabildiğine uzak birini bulmuştum." Woese'in 20 yıl önce George Fox ve diğerleriyle çizdiği ilk ağaçların resmedildiği sararan kâğıtların hâlâ duvarda asılı olduğu laboratuvarına girmişti. Woese her zamanki gibi döner sandalyesinde ayaklarını laboratuvar tezgâhına atmış halde oturuyordu. Ayağa kalkmış, Harris'i sıcak bir şekilde karşılamış, onu etrafta gezdirmiş ve saatlerce konuşmuştu. Dostlukları öyle güven dolu bir hale gelmişti ki, Institute for Genomic Biology'yi şekillendiğinde Woese müdür olarak Lewin'i atamaları için üniversite yetkilileri arasında lobicilik yapmıştı. Ayrıca kendi araştırmalarını bırakmaktan çekinen Lewin'i, müdürlüğü kabul etmeye ikna etmişti. GBE; 2007'de taştan meydana bakan büyük pencereleriyle üniversitenin parlak rasathanesinin tam karşısındaki yeni binada kapılarını açınca, hepsi oraya taşındı.

Woese eski laboratuvarını istemeye istemeye bırakmıştı. 40 yılı aşkın bir süre boyunca Morrill Hall'un üçüncü katından ayrılmamıştı. Burası en büyük keşiflerinin, en sıkı çalışmalarının ve sayısız güzel şeyin yaşandığı yerd. Lewin onu GBE binasında, meydan manzaralı güzel bir ofisi kabul etmeye ikna etti (büyük bir ofisi reddetmişti). Bu Lewin'in değerlendirmesiyle, onun Morrill'deki "tecrit"ine son vermiş, onu "genç, taze kıtalar"ın, Nigel Goldenfeld ve diğerlerinin, "becerikli ve sevdiği asistanı Debra Piper"ın yanına

getirmişti.³²⁶ Woese Piper’la binaya taşındığında tanışmıştı. Piper orada Goldenfeld’in “Biyokarmaşıklık” adını verdiği bir program için çalışıyordu ve Woese’in hem koruyucusu hem yardımcısı hem de arkadaşı olmuştu. Ofis düzenlemelerinde yaşanan sıkıntılar ve Lewin, Woese’in en meşhur başarısını onurlandırma adına meydana üç parçalı bir heykel yapılmasını isteyince Harris Lewin’le arasındaki arkadaşlığa düşen ufak gölge hariç her şey Woese için konuksever bir tablo çizmekteydi.

Lewin daha sonra şöyle yazacaktı: “Sembolik ağaçlarla Carl’ın keşiflerini onurlandıracak bir şey yapmak istiyordum.”³²⁷ Bir kurul mevzuu tartışmaya açtı ve eyalet genelinde yapılan bir rekabet sonucunda Chicago’dan “saygısız” bir sanatçı seçildi. Ağaç konsepti yitip gitmişti. Heykeltıraş poliüretandan yapılmış ama kaşıkla kazınmış kurabiye hamuru gibi görünen üç koca ve soyut kabarcık yapmıştı. Düzensiz biçimleriyle hepsi birbirinin aynısıydı ama boyutlarıyla renkleri farklıydı. En büyüğü uçuk yeşildi. Ortancası koyu turuncuydu. En küçüğü ise sarı. Urbana’ya bir sonraki gidişinizde onları görebilirsiniz. Lewin kabarcıkları kabul etmiş ve onları meydana birlikte Darwin’in Oyun Bahçesi olarak isimlendirmişti. Bu Woese’ı adeta hakaret edilmişçesine sarsmıştı (Lewin’i sonsuza dek yaptığına pişman edecekti) ve onlara bakamıyordu. Enstitüye meydana uzak yan kapılardan birinden girip çıkar olmuştu. İç kısımlarda penceresi olmayan bir ofise geçmişti. “Neticede beni affetti,” diye yazıyordu Lewin ama kolay olmamıştı.

İşte bu, Woese’in Charles Darwin’e kızgın olduğu, 20. yüzyılda yapıldığı şekliyle moleküler biyolojiye inancını yitirdiği, kendince en iyi fikirlerine gösterilen direnç karşısında hüsrana uğradığı, *prokaryot* kelimesiyle sınırlarının bozulduğu, yeterince takdir edilmediğinden gücendiği, özellikle Nobel Ödülü almadığı için hayal kırıklığına uğradığı ve penceresinin dışında Darwin’in adını taşıyan acayip modern sanat girişimini takdir etmeye isteksiz olduğu geç dönemine damga vurmuştu. Önünde yaşayacağı beş yıl kalmıştı.

Craig Venter'in grubu ile Uluslararası Konsorsiyum'un rekabetçi "işbirliği"yle insan genomunun 2000'de kaba bir taslak olarak çıkarılan ve 2003'te daha iyi (ama hâlâ geçici nitelikte) sürümüne ulaşılan dizilim sayesinde, eksiksiz dizilime ilişkin incelemeler bazı sürprizlere yol açmaya başlamıştı.

Bu sürprizler sadece insan DNA'sının yapısı ve parçalarının nasıl işlediğiyle ilgili değildi. Aynı zamanda toplanmalarının ve bazı parçalarının içinden gelmiş olabileceği kaynakların tarihiyle de ilgiliydi. İlk büyük aydınlanmanın yanlış alarm olduğu ortaya çıkmıştı: Konsorsiyum'un 2001'de 223 insan geninin "muhtemelen bakterilerden gelen yatay transferlerin sonucu olduğu"nu duyurması.³²⁸ Ekip yetersiz verilerle bazı aceleci varsayımlarda bulunmuştu –yukarıda tarif ettiğim gibi Steven Salzberg ve diğer eleştirmenler hemen hatalarına dikkat çekmişlerdi– ve bu iddia ayakta kalamamıştı. İnsan olmayan yaratıkların genomlarını çıkaran ilave çalışmalar, insan genomunu daha iyi bir perspektife oturttu. Bu esnada yine 2001'de yayımladığı analizlerinde Konsorsiyum tarafından bahsedilen ve dizi-

limi çıkarılmış insan genomundan gelen diğer aydınlanma, üç milyar harfli dizilimde anlamsız görünen tekrarların aşırı miktarda olmasıydı. Genomların içinde “hurda DNA” olarak adlandırılan şeylerden oluşmuş devasa bir katı atık sahası gibiydi.

Temel insan şablonunda bu denli gereksiz ve saçma şeyin olması neredeyse utanç verici bir şeymiş gibi görünüyordu. Çoğu görece kısa kod patlamaları şeklinde ortaya çıkmıştı. Her biri sadece birkaç yüzle birkaç bin arası bazdan ibaretti ve yüzlerce veya binlerce kez tekrarlanan kurucu birimlerden oluşuyordu. Toplamda bu tekrarlanan dizilimler toplam genomun yarısına tekabül etmekteydi. (Gerçek proteinleri ortaya çıkararak kodlama dizilimleri genomun yalnızca yüzde 5’ini meydana getirmekteydi.) Tekrarlar yıllar evvel, daha DNA diziliminin bile mümkün olmadığı zamanlarda başka yöntemler sayesinde keşfedilmişti fakat bazı biyologlar bunlara “hurda” adını vererek kenara atmışlardı. Diğer biliminsanlarıysa daha betimsel bir tabirle bunları “yer değiştirebilir unsurlar” olarak biliyorlardı. Kendilerini sadece birçok kez kopyalamaları açısından değil, genomun farklı parçalarına sıçramaları nedeniyle yer değiştirilebilen unsurlardı. Bu zıplayan, tekrar eden dizilimler aslında yararsız değildi. Birer ipucuydu ve bazı örneklerde daha fazlasıydı. Konsorsiyum’daki biliminsanları öğretici potansiyellerini fark etmişlerdi. İnsan evrimi hakkında “zengin bir paleontolojik kayıt” oluşturmasıyla “olağanüstü bir bilgi hazinesi”ydi.²⁹ Peki, bu kayıtların açığa serdiği şeyler nelerdi? İşte bunu söylemek daha güçlü.

Bu yer değiştirebilen unsurlarla ilgili araştırmaların ironik bir geçmişi vardı. İlk olarak vizyoner bitki genetikçisi Barbara McClintock tarafından 1940’lı yıllarda darının (mısır) genetiğini araştırdığı sırada tespit edilmişlerdi. O dönemde McClintock büyüdüğü ve kendi darılarını yetiştirdiği, her yaz bir dönüm civarı toprağa birkaç yüz bitki ektiği Long Island’daki Cold Spring Harbor Laboratuvarı’nda çalışıyordu. Çekirdeklere X ışınlarının tutulmasıyla yapay olarak yaratılan mutasyonlara bakıyordu ve bir kromozomdan diğerine, bir mısır sapından diğerine, elleriyle polenlediği bitkilerle yarattığı genetik melezlerde bu mutasyonların izini sürüyordu. Darı moleküler biyolojiden önceki çağda genetikçiler için iyi bir araştırma organiz-

masıydı çünkü mutasyonların çoğu kendilerini rengârenk koçanlar içindeki çekirdeklerin renginde net bir şekilde gösteriyordu. McClintock yarattığı değişimlerden bazılarının hareketli yapılar olarak biçimlendiğini, bitkinin gelişimi sırasında bir şekilde bir kromozom sahasından diğerine sıçrayabildiğini keşfetti. Özellikle iki mutasyona odaklanmış, bunların kromozomda parçalanmaya yol açacak etkileşimlere girmelerini gözlemlemişti. Bunlara “kontrol edici unsurlar” demişti³³⁰ çünkü genlerin ifadesinde rol oynuyor gibiydiler. Genleri düzenleyen ilişkinin ötesinde, keşfettiği şey o güne dek görülmemiş olan ilk yer değiştirebilen unsurlardı. Bunun için yaklaşık 40 yıl sonra Nobel Ödülü almıştı.

Fakat hikâyesindeki ironik yan övgülerin arkasından gelen anlaşmazlık değildi. Bu hikâyenin tatmin edici olsa da doğruluktan uzak olan; McClintock’u büyük bir feminist kahramana dönüştürmüş kimi anlatıcıların tercih ettiği efsanevi versiyonudur. Kuşkusuz efsanevi biriydi ve feminizm hiçbir zaman onun sancağı olmasa bile kendisi de bu efsanevi versiyonu tercih ederdi. Esas ironi, McClintock’un gördüğü unsurlardaki kontrol edici yanı hep, genomda bir yerden diğerine sıçramalarından daha önemli bulmasıydı. Kimi tanıklıklara göre, en azından kariyerinin son dönemlerinde yer değiştirmeye çok ilgilenmemişti bile. Fakat Nobel Kurulu’nun ilgisini çekmiş ve ona ödülü “hareketli genetik unsurları keşfetmesinden ötürü” vermişti.³³¹

McClintock’un ilk çalışmalarından sonra, genetik araştırmalar moleküler boyuta kaydıkça, diğer yaratıkların genomlarında başka yer değiştiren unsurlara rastlanır oldu: bakteriler, meyve sinekleri, maya, insanlar. Kısa bir isim alıp transpozon* oldular. Dahası nasıl genlere isim veriliyorsa, içlerinden bazıları akılda kalıcı isimler aldı. *Mariner* olarak bilinen, milyonlarca yıl boyunca oradan oraya yelken açmış olan ve meyve sineklerinin yanı sıra insanların ve diğer birçok hayvanın genomlarında bulunabilen bir transpozon grubu vardır. İnsanlardaki özgün iki *mariner* unsur erken primat evrimi sırasında gelmiştir (başka yerlerden) ve kabaca 14.000 yıl boyunca atalarımızın genomlarında kendilerini kopyalamışlardır. En bol insan

transpozonu *Alu*'dur. Sadece 300 baz uzunluğundadır fakat bu 300 harflik saçmalık insan genomunda bir milyondan fazla kez tekrarlanır. Doğada çılgın bir çeşitliliğin olduğunu fakat Darwin'ci seçim altında doğanın aynı zamanda katı derecede ekonomik olduğunu biliriz ve bu bolluk bazı biyologları doğada nasıl bir haltın döndüğüne merak ettirmiştir. Merak edenlerden biri de Toulouse'lu Fransız Cedric Feschotte'tu.

Feschotte Paris Üniversitesi'nde doktora yaparken böceklerdeki yer değiştirebilir unsurlar üzerinde çalışmıştı. Yine yer değiştirebilir unsurlar üzerinde yapılan ama bu sefer pirinçtekilere bakan araştırmalarda yardımcı olması için Athens, Georgia Üniversitesi'ne post-doktora öğrencisi olarak kabul edilmişti. Yan proje olarak darılar üzerinde çalışıyor, aynı Barbara McClintock'un yaptığı gibi serasında mısır bitkilerini melezliyordu. Darıyı bu tür araştırmalar için bu denli uygun kılan şey kısmen, 1940'lı ve 1950'li yıllarda McClintock'un bile şüphelenmediği şey genomunun yüzde 85'ini transpozonların oluşturmasıydı ve bu genom etrafında sık sık sıcıyor olmalarıydı. Feschotte Peach eyaletinden Arlington'daki Texas Üniversitesi'ne gitti ve tahıllardan omurgalı hayvanlara geçti. Değişmeyen şey yine genomda sıçrayıp kendisini kopyalayarak çılgınca hareket eden unsurlardı. Kendisini yakaladığımda Utah Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde profesördü ve insanlarla diğer omurgalılarıdaki transpozonlara odaklanmıştı. Masasının üzerindeki raflardan birinde iki rengârenk mısır koçanı vardı. Kuşkusuz Georgia'da kan ter içinde geçen günlerinden kalan yadigârlardı ve Barbara McClintock'a saygısını gösteren birer semboldü.

Feschotte'un Texas'taki ilk mezun öğrencisi, akranlarından yaşça biraz büyük olan ve oranın yerlilerinden John K. Pace II'ydi (Norman Pace'le bir akrabalığı yoktu). Evli, çocuklu ve on yıllık bilgisayar programcısı olan Jon Pace, bir cemaat kolejinde biyoloji dersi verebilmek için sadece yüksek lisans derecesi almak istiyordu. Fakat o dönemde, Feschotte'un rehberliği altında büyük bir keşif yaptı. Bilgisayar becerilerinden yararlanıp transpozon arayışıyla genomları tarayınca, çalı bebeği olarak bilinen Doğu Afrika primatında bunlardan birine rastladı. Grup neredeyse 3.000 harften oluşuyordu ve

çalı bebeğinin genomunda kendisini 7.000 kereden çok tekrar ediyordu. Bu yeterince dikkat çekici bir şeydi. Fakat Pace'in gözüne daha tuhaf gelen şey, çok farklı bir hayvanın genomunda neredeyse tıpatıp aynı unsuru bulmasıydı: Kuzey Amerika'ya özgü küçük kah-verengi yarasalarda. Bu sefer yaklaşık 3.000 kopyası vardı.

Pace ve Feschotte, laboratuvarından başka kişilerle, genomları daha geniş bir biçimde taradılar ve Madagaskarlı bir tenrekte (kaba-ca ufak bir kirpiyi andıran küçük memeliler) aynı transpozonun yakın bir türünü buldular. Tanımlanabilen parçaları aynı zamanda Güney Amerikalı bir oposumda*, Batı Afrikalı bir kurbağada ve ABD'nin güneydoğusundan bir kertenkelede de çıkmıştı. Açıkça, bu şey –bu son derece iddialı ve çevik DNA uzantısı– gerek yaratıkların içinde gerek aralarında, kıtalar içinde ve kıtalar arasında gezinmişti. Fakat diğer birçok omurgalı hayvanın genomunda hiç bulunmaması (içlerinde 19 memeli türü de vardı), güçlü bir şekilde yatay düzlemde gezindiğine, omurgalı ataların dikey kalıtımıyla aktarılmadığına işaret ediyordu. Dahası yeni bir genoma geçtiğinde, bol miktarda çoğalmıştı. Tenrek genomu 13.963 eksiksiz kopyasını taşıyordu. Çalı bebeğinde 7.145 tane vardı. Farklı hayvanlarda bulunan versiyonlardan her biri, diğerleriyle en az yüzde 96 oranında özdeşti. Bu da ortak bir kaynaktan geldiklerini ve işgal tarihlerinin yakın zamanda olduğunu oldukça güvenilir bir olguya dönüştürmekteydi. Bu derece tuhaf ve istilacı bir transpozon grubu güçlü bir ismi hak ediyordu. Feschotte'un ekibi bu sebeple onlara *Uzay İstilacıları* adını vermişti.

“İsmi kim buldu?” diye sordum Feschotte’a.

“Ben buldum. Biliyorsun, pazarlamayı ben yapıyorum. İş onlar.” Kendi ağzıyla profesörlüğü değersizleştirmesine ikimiz de güldük. “Grupların isimlerini ben buluyorum,” dedi. Bu kritik öneme sahip bilimsel işler hakkında hâlâ şakacı bir tavırla konuşuyordu: “Haberciler ve yazarlarla konuşuyorum.”

Oposum ya da keseli sıçan. Görünümü fareye ya da sıçana benzeyen, sadece Amerika'da görülen, daha çok etçil olan, keselilerin *Didelphimorphia* takımına ait tek keseli türü. (Y.N.)

Ayrıca bana tenreğe, opossuma ve geri kalan canlılara ait genomların çevrimiçi veritabanlarıyla herkese açık olduğunu hatırlattı. Bilim için ne mutlu ki, günümüzde insanlar genomların eksiksiz genomlarını çıkarıyorlar ve bunları paylaşıyorlardı. “Bu en demokratik araştırma türü. Her an herkes bunu bulabilirdi,” dedi Feschotte. “Sadece internet bağlantısına ihtiyacınız var ve siz de yapabilirsiniz.” Yani bağlantının yanında doğru soruları doğru şekilde soracak biyoloji bilginiz ve bilgisayar becerileriniz varsa yapabiliydiniz. Fakat Facebook’tan daha zordu. Bu çalışmayla ilgili makale 2008’de çıktı ve sadece yüksek lisans diploması istemiş mütevazı insan John K. Pace II, UT-Arlington’dan doktora diplomasıyla ayrılmıştı.

Feschotte’un ilgisini çeken bu transpozonların tümüyle ilgili büyük bilinmeyenlerden bazıları, (1) köken olarak nereden geldikleri, (2) yeni bir genoma nasıl girdikleri ve (3) içeriye girince kendilerini neden bu kadar çok kopyaladıklarıydı. Bu sorulardan hiçbirine kesin bir yanıt verilememekteydi fakat Feschotte’un tercih ettiği tahminler vardı. Üçüncüsü, yani kendilerini yoğun bir şekilde kopyalamaları konusunda öne çıkardığı şey, Richard Dawkins’in 1976 tarihli çok satan kitabı *Gen Bencildir*’de bahsettiği ve Ford Doolittle ile mezun öğrencilerinden birinin 1980 tarihli makalelerinde geliştirdiği artık DNA kavramıydı (tek “amaç”ı sağ kalmak ve çoğalmak olan gen-harici DNA). Bu mantığa göre transpozonlar, uzun vadede sağ kalma olasılıklarını artırdığı için kendilerini kopyalama yetisine kavuşmuşlardı. Kendilerini konak genomdan daha hızlı kopyalıyorlardı ve bazen diğer soylara sırıyorlardı. Böylece tek bir soyun ölümüyle türlerinin yok olmasını engelliyorlardı. İkinci etkisine bakıldığında, genoma ekledikleri bol miktarda DNA, mutasyona uğradıkça hücresel işlevler için kullanılabilir hale geliyor, hatta yararlı oldukları görülüyordu.

Misal genlerin düzenlenmesi. Barbara McClintock’un transpozonlarını çözümlemesi bu şekilde olmuştu. Nihayetinde bu konak organizmalara sağ kalmaları için belli bir avantaj verebiliyordu ve konağın soyu yok olmaktan kurtulursa transpozon da varlığını sürdürüyordu. Ancak o dönemde bunu kanıtlayan hiçbir bulgu yoktu. Sadece McClintock’un hipotezinden ibaretti.

Cedric Feschotte'un üçlemesindeki ilk bilinmeyen (herhangi bir transpozonun nihai kaynağı) gizemini korumaktaydı fakat ikincisiyle ilgili (geliş şekilleri) bazı fikirleri vardı: parazitler ve enfeksiyon. Virüsler belki ara sıra bu bencil DNA parçalarını, aynı virüslerin bazen YGT sürecinde koca genleri taşıması gibi bir türden diğerine götürüyorlardı. Aralarındaki paralellik Feschotte ve ekibinin süreci yatay transpozon transferi (YTT) olarak adlandırmaya başlamasına yetmişti. Bu YGT'nin bir alt kategorisi olarak ele alınabilirdi. Nitekim transpozon transferlerinde, belli bir parazitik böceğin (*Rhodnius prolixus*) varlığına işaret eden bulgulara rastlamışlardı. Güney Amerika ve Orta Amerika'ya özgü olan bu ufak ve kaba yaratık, kuşların, sürüngenlerin ve insanlar da dahil memelilerin kanından beslenen bir böcekti. Öpüşen böcekler olarak bilinen gruba aitti çünkü genelde kurbanlarının ağızlarına yakın yerlerden kam emiyorlardı.

Öpüşen böcekler Amerika'nın tropik bölgelerinde sadece ısırıkları için değil, kurbanın kanı ve dokularında çoğalan bir *Protozoa*'nın neden olduğu geçmek bilmeyen ve kimi zaman ölümcülleşen Chagas hastalığını yaymada oynadıkları rol yüzünden de nefret edilirler. Charles Darwin öpüşen böceklerle *Beagle* yolculuğu sırasında Arjantin'de, at üstünde iç kesimlerde gezinti yaparken ve böceklerle dolu bir köyde uyurken tanışmıştı. Not defterine şunları kaydetmişti: "Bedeninizin her yerinde sürünen, midesini kanınızla doldurmuş, yaklaşık iki buçuk santimlik, uzun, siyah ve yumuşak onlarca yaratığı hissetmek korkunç derecede tiksiniç bir şey."³² Darwin hâlâ genç ve sağlam olduğundan kendine has tavrıyla bunları üzerinden, "Her şeyi bir kere deneyimlemek iyidir," diyerek silkeliyordu. Öpüşen böceklerin kendisine Chagas hastalığını bulaştırıp bulaştırmadığı bugün bilinmiyor (tabii onu Westminster Abbey'deki mezarından çıkarmazsak) fakat orta yaşları boyunca Darwin'i cezalandıran gizemli ve kronik hastalık, bir tahmine göre Chagas'tı.

Bu öpüşen böceğin yani *Rhodnius prolixus*'un karnında Chagas *Protozoa*'sından fazlasını taşıdığı ortaya çıkmıştı. John Pace'in araştırmasındaki tenrek, opossum ve kurbağa gibi, o da genomunda bol miktarda transpozon taşıyordu. Bu genomu erişilebiliyordu –muh-

temelen Chagas hastalığıyla tıbbi ilgisi nedeniyle başkaları tarafından dizilimi çıkarılmıştı– ve Feschotte transpozon keşfini, bana anlattığı kadarıyla “bir gece evde amaçsızca oyalanırken” kendi başına yapmıştı. “Oyalanmakla” kastettiği karmaşık biyoenformatik araçları kullanarak *Uzay İstilacıları*’nın nerelerden çıkacağını görmek için yayınlanmış bol sayıda genomun taranmasıydı. John Pace’in çalışması sayesinde böceğin Güney Amerika’da en çok tercih ettiği konaklardan biri olan opossum da dahil olmak üzere birkaç farklı memeli türünde daha bulunduğunu biliyordu. Böceğin kan emici alışkanlıkları düşünüldüğünde bunun hastalığın yanı sıra DNA’nın taşınması için de fırsatlar sunmuş olabileceğinden şüphelenir olmuştum. Belli ki böcek muhtemelen transpozon için aracı bir vektördü. Ertesi sabah iki post-doktora öğrencisini alarma geçirdi ve onları meseleyi incelemeye davet etti. Böceğin genomunu biraz daha tarayınca, 200’ü aşkın kopyasıyla *Uzay İstilacıları*’nın dışında, önceden memeliler olduğu bilinen üç ayrı transpozona rastladılar. Mutasyon oranlarıyla ilgili bulgulara bakıldığında, transferler 15 milyon ile 46 milyon yıl öncesinde kalan zaman aralığında yaşanmış gibi görünüyordu.

Bir an durup bu senaryonun ne kadar tuhaf olduğunu kavrayalım: Bencil DNA kan emici bir böceğin karnıyla bir memeli türüne ait genomdan, diğer memeli türlerine geçiyor ve kendisini onların genomuna sokuyor. Aktarılan DNA ikinci memelinin kalıtsal mirasının parçası oluyor. Dahası transpozon kendisini kopyalamaya başladığı anda, genoma yığın yığın DNA ekliyor. Bu kötü ya da muhtemelen daha düşük ihtimalle iyi de olabilir. Kötü olduğunda genomun yapısını bozar, gerekli gen işlevlerini yok eder, kalıtsal hastalıklara neden olur ve hatta memeli soyunun türünü dahi yok edebilir. Şanssız bir soyla yok olup gittiğinden bilim bu transpozonu asla görmeyecektir. Ama memeli şanslıysa yeni DNA ona hiç ölümcül zarar vermez ve bazıları yararlı bile olabilir. Olasılıklara ilave yapar, ham genetik materyaller ekler, eski transpozon DNA’dan yeni genlerin biçimlenme şansını artırır. Nitekim yeni genler çevre değiştikçe, sağ kalma ve yok olup gitme arasındaki farkı yaratabilecek şeylerdir. Yeni bir gen belirgin derecede değerliyse, nüfusun geneline yayılır, zamanın testlerine dayanır ve aynı Cedric Feschotte’la ekibinin milyon-

larca yıl sonra gördüğü gibi, kendisini opossum, maymun, kurbağa veya diğer yaratıkların soylarında kutsal bir yere koyar.

İnsan evrimini de içine almaktadır. 2007’de John Pace ve Cedric Feschotte biraz farklı bir girişimle, son sekiz milyon yılda, muhtemelen yatay transferle primat soylarına giren transpozonların listesini çıkarmışlardı. 40 tane bulmuşlardı. Hepsi de kendisini bol miktarda kopyalamıştı. Bu kopyalar şimdi 98.000’e yakın ayrı unsurdan oluşmaktadır. Yabancı DNA’lardan oluşan bu 98.000 uzantı insan genomunun yüzde 1’ine tekabül etmektedir. Hâlâ bizimledirler, ağır ağır değişim geçirmektedirler ve etkileri büyük oranda bilinmemektedir.

Araştırma kariyeri sona erince Carl Woese, çok saygı gören ama keskin görüşleri olan aksi bir ihtiyar olarak yeni bir rol üstlendi. Ödüller topluyor ve yazılar yazıyordu. Halihazırda MacArthur Bursu, (seçilmesinin dışında) Ulusal Bilimler Akademisi'nden ödül ve Hollanda Kraliyeti Sanat ve Bilimler Akademisi'nden Leeuwenhoek Nişanı (mikrobiyolojinin en büyük saygı nişanı) aldığı için, 2000 yılında bilimsel kurulların danışmanlığıyla belirlenip Amerika Birleşik Devletleri tarafından takdim edilen Ulusal Bilim Madalyonu'nun sahibi olduğu duyuruldu. Woese Washington'daki etkinliğe katılmayı reddetti çünkü Bill Clinton'ın elini sıkmak istemiyordu.

2003'te İsveç Kraliyet Bilim Akademisi'den Nobel Ödülleri'ni tamamlama amacıyla hazırlanıp İsveç kralı tarafından takdim edilen Crafoord Ödülü geldi. Woese seyahat etmekten nefret ediyordu fakat kendisine eşlik etmeleri için Harris Lewin ile Gary Olsen'ı (Urbana'daki sadık meslektaş) davet ederek etkinliğin yapıldığı Stockholm kentine gitti ve Kral XVI Carl Gustaf'ın elini sıkma konusunda hiçbir çekincesi yoktu. Crafoord Ödülü'nün bazen birden

fazla kişiye bölüştürüldüğü olurdu (1990’da Edward O. Wilson ile biyolog Paul Ehrlich ödülü paylaşmışlardı) fakat Woese 500.000 dolarlık ödülle nişanın hepsini aldı. Lewin daha sonra şöyle yazacaktı: “Carl için Crafoord Ödülü’nü tek başına kazanmak kendisini kanıtlayan şahane bir olaydı ve espriyle karışık Crafoord’u tek başına kazanmanın (özellikle Craig Venter olmadan) Nobel’i paylaşmaktan daha iyi olduğunu söylemişti.”³³³ Cesurca söylenmiş bir sözdü fakat Lewin bile kendisine inanmamıştı. “Aslında Carl’ın Nobel Ödülü’nü çok istediğinden eminim.” Nobel ödüllerinde biyoloji kategorisi olmadığını söyleyerek kendisini teselli edebilirdi fakat Barbara McClintock biyoloji çalışmaları sonucunda Fizyoloji veya Tıp kategorisinde ödül almıştı. Watson ve Crick’in de durumu böyleydi. Woese Nobel’e aday gösterilmişti fakat belki arke keşfi biraz fazla muğlak görünmüştü ve belki yeterince uzun yaşayamamıştı.

Crafoord Ödülü’nden bir yıl sonra, 2004 yılında büyük ve iddialı tezlerinden bir başkasını yazdı. Bu *Nature* veya *Science*’ta değil, daha dar kapsamlı bir dergi olan *Microbiology and Molecular Biology Reviews*’ta çıktı. Editörleri ona içini dökmesi için 15 sayfa vermişlerdi. Sadece geniş değil uygun da bir çıkış noktasıydı, çünkü kafasındaki şekliyle moleküler biyoloji sahasından bahsetmek istemişti. Ortallığı karıştırma niyetindeydi.

Denemesinin başlığını “A New Biology for a New Century” [Yeni Bir Yüzyıl İçin Yeni Bir Biyoloji] olarak koymuştu. Temel iddiası, moleküler biyolojinin en başta vaat ettiği şeyleri yerine getirememesi ve “bir mühendislik disiplini”ne gerilemesiydi.³³⁴ Bununla kastettiği şey tarımsal veya çevresel geliştirmelerle insan sağlığıyla ilgili kaygılar için organizmaların genetik modifikasyondan geçirilmesi gibi uygulamalarla uğraşmasıydı. Kendi açısından Woese insan sağlığıyla evrim kadar ilgilenmiyordu. Moleküler çağın altın şafağında – Oswald Avery’nin dönüşümü keşfettiği, Watson ve Crick’in DNA’nın yapısını çözdüğü, Crick’in yaşam ağacını kavramak için “protein taksonomisi”ni önerdiği, Zuckerkandl ve Pauling’in evrimsel bir saat olarak molekülün kullanılması savunduğu – o parlak günlerde, moleküler biyoloji “yaşayan dünyanın master planı”nı aydınlatabilecek bir bilim dalı gibi görünüyordu.³³⁵ Ardından hizipleşmeler yaşandı. İki

ayrı biyoloji çıktı: Moleküler olan bir yöne, evrimsel olan diğer yöne savruldu. Akademik biyoloji Amerika'daki ve dünyanın çoğu yerindeki üniversitelerde bölündü. İki ayrı müfredat, iki ayrı yapı oluştu.

Daha kötüsü moleküler biyoloji, Woese'ın iddiasınca, genin ve hücrenin işleyişi gibi mekanik sorunlar olarak gördüğü şeylerle ilgili "indirgemeci" bir perspektif oluşturmuştu.³³⁶ Evrimin "bütüncül sorunları"nı, yaşamın nihai kökenlerini ve yaşam formlarının nas'! örgütlendiğiyle ilgili en derin esrarları gözden kaçırdı. Dört milyar yıllık büyük öyküye ilgisini kaybetti yahut böyle bir ilgisi hiç olmadı. Woese şöyle yazıyordu: "Dünyanın önde gelen moleküler biyologlarından bazıları (diğerleriyle birlikte) nasıl olur da insan genomunun (ilhamını tıptan alan bir sorunun) biyolojinin 'Kutsal Kâse'si olduğunu söyleyen tuhaf bir iddiayı mantıklı kılabilir? Mühendislik bakış açısıyla işleyen bir biyoloji, kılavuzluk yapacak ciddi bir vizyondan yoksun kalmış bir biyoloji için ne kadar çarpıcı bir örnek!"³³⁷

Lafını esirgemediği için kimse Woese'ı suçlamadı. Nitekim yaşlandıkça ve daha da hırçınlaştıkça, moleküler biyolojiye duyduğu horgörüye eşlik eden ama ondan ayrı bir şekilde Charles Darwin'e duyduğu horgörü de artmıştı. Başka şahitlerin aktardıklarına bakılırsa, Darwin düşmanlığı içinde uzun zaman önce tutuşmuş haldeydi ama şahsiliikten ve tutarlılıktan uzak bir düşmanlıktı. Büyük isim sahibi uzak bir figüre ara sıra duyulan bir kızgınlıktı. Arkadaşı Nigel Goldenfeld'e göre Woese, 2000'li yıllara dek *Türlerin Kökeni*'ni hiç okumamıştı çünkü ilgisini çeken evrimsel sorularla bağlantısız olduğunu düşünmüştü. Darwin'in teorisi hakkında bildiği şeyler (teorisi-ni bilen çoğu insan, hatta biyologlar gibi) ikincil kaynaklardan öğrendikleriydi. Sonra bir gün *Türlerin Kökeni* ile Darwin'in başka çalışmalarından bazılarını okudu ve başta tepkisi olumluydu. 2005'te röportaj sırasında, kendisine ilham vermiş biliminsanlarını sayması istendiğinde Crick'ten, Fred Sanger'den ve içlerinde Darwin'in olduğu birkaç başka isimden bahsetmişti. "Yazılılarıyla biraz geç vakitte karşılaştım ama evrimle ilgili atılımlarım derinleştikçe kendisine daha çok döner oldum. Bunca şey hakkında nasıl bu kadar haklı olabilmişti? Hayret vericiydi!"³³⁸ Bu röportaj ciddi bir dergi olan *Current Biology*'de yayımlandı. Söyledikleri kaydedilmişti.

Fakat sonra Darwin'le ilgili görüşlerini kökten değiştiren bir şey oldu veya bunu ifade ederken sadece daha patavatsız oldu. Darwin'in *Türlerin Kökeni*'ni daha dikkatli bir şekilde okumuştı. Aslında üzerine ciddi kafa yormuş, bu egzersizi Woese'la birlikte yapmış Nigel Goldenfeld'e göre ilk baskısını, bizzat Darwin'in gözden geçirdiği diğer beş baskısıyla karşılaştırmıştı. Darwin ve 1858'de doğal seçim fikrini kavrama konusunda Darwin'in övgüleri paylaştığı Alfred Russel Wallace arasında gerçekleşen ve günümüze ulaşmış yazışmaları okudu. Bu yazışmalardan bazıları, birkaç uzmanın sürekli iddia ettiği üzere, Darwin'in takdiri haksız şekilde üzerinde toplayıp toplamadığıyla ilgiliydi. En uç noktada bu akademisyenler, Darwin'i teorisinin belli kısımlarını Wallace'dan çalmakla ve bu kalleşçe eylemi gizlemekle suçluyorlardı. Sağlam bir iftiranın tüm cazibelerini taşıdığından kışkırtıcı bir suçlamaydı fakat bol miktarda olan Darwin ve Wallace literatürü kapsamlı bir şekilde okunduğunda inandırıcılığı buharlaşıp uçuyordu (bana göre). Woese ise farklı düşünür olmuştu.

Ayrıca Charles Darwin'in, evrimsel değişime dair olgunlaşmamış kavramlar öneren veya Darwin'in bu denli etkili bir şekilde birleştirdiği şeyden kısmen bahseden öncülleri hakkında birçok şey öğrenmişti (Lamarck, Hindistan'da çalışan İngiliz zoolog Edward Blyth ve Darwin'in kendi dedesi Erasmus Darwin gibi) ve Woese için hepsi büyük bir entelektüel hırsızlık gibi görünmeye başlamıştı. Karanlık görüşleri, Darwin'i intihal ve hileyle suçlayan, kasıtlı ve ufak ciltli, *The Darwin Conspiracy* [Darwin Komplosu] adlı bir kitap tarafından (tetiklenmiş olmasa da) doğrulanmıştı. Yazarı BBC'nin eski yapımcılarından Roy Davies isimli birisiydi. Altbaşlığı şöyleydi: *Origins of a Scientific Crime* [Bilimsel Bir Suçun Kökenleri].

Davies'in kitabını keşfeden Woese bunu her şeyi açığa vuran bir çalışma olarak aldı. Davies'le arkadaş oldu, sayısız kopyasını sipariş etti ve etrafına dağıttı. Darwin Wallace'tan çaldığı anlatısında saf kişileri ikna etmeye ve bunu merak uyandırıcı bir öyküye dönüştürmeye yetecek teferruatlar ve olgular vardı. Woese'in vakasında şaşırtıcı olan, başka meselelerde böyle derin düşünen birinin bu meselede görece sığ kalmasıydı. Yaşamının son demlerinde bu keskinlik, düş

kırıklığını hafifletmede mentollü pastiller gibi yardımcı olmuş gibi görünüyordu.

Genelde Darwin'e duyduğu kini arkadaşları ve meslektaşlarıyla özel sohbetlerinde dışa vuruyordu. Örneğin Darwin'in 200. doğum gününde, yani 12 Şubat 2009'da, Woese seçtiği arkadaşlarına tarihi şöyle kısa ve özlü bir mesajla iletmışti: "Bu öfke günü olsun." Jan Sapp'la birlikte *Beyond God and Darwin* [Tanrı ve Darwin'in Ötesinde] adlı bir kitap üzerine çalışmaya başladı. Sapp bunu nefis ama hacimli cildi *The New Foundations of Evolution*'ın [Evrimin Yeni Temelleri] bir tür popülerleştirilmiş versiyonu olarak görüyordu. Bu yeni kitap Woese ve bazı meslektaşlarına ait keşiflerin Darwin'ci teoriyi aştığını ve bunu yaratılışçı ideolojiye hiç destek olmadan yaptığını göstererek, moleküler filogenetikte yaşanan devrimin akıcı bir değerlendirmesini sunacaktı. Bu keşifler –endosimbiyoz, yatay gen transferi ve son derece eğrilip çarpılmış yaşam ağacı– Tanrı'ya karşı Darwin dikotomisinin, yaratılışçılığa karşı *Türlerin Kökeni*'nin ötesine uzanıyordu. Evrimin gerçekliğini zayıflatmadan Darwin'ci teoriyi aşıyordu.

Sapp bir giriş yazısı yazdı ve yorumlaması için Woese'a gönderdi. Bu taslağın üst kısmına Woese kendi notlarını ekledi. Bu ona sert bir editör izlenimi vermişti. Bir paragraftan sonra Woese "KESKİNLEŞTİR," diye yazmıştı. "DAHA TESİRLİ OLSUN." Yorumlarının çoğu küçük kelime oyunları ve sözcük önerileriydi. Fakat taslağın sonuna Woese şunu yazmıştı: "JAN, DARWIN'E PİÇ KURUSUNUN HAK ETTİĞİNDEN ÇOK DAHA FAZLA ÖNEM ATFEDİYORSUN."³³⁹

Sapp bu yazışmadan kısa süre sonra projeyi bıraktı ve *Beyond God and Darwin* hiçbir zaman yazılamadı. Bana anlattığı kadarıyla Sapp konuya olmasa da kitaba olan ilgisini yitirmişti. Ayrıca Woese'in sürekli ilgi bekleyen egosu cesaretini kırmıştı. "Yaşamının ileriki günlerinde Carl yaşamdan daha büyük olduğunu düşünür olmuştum."

"Ve Darwin'den de büyük," demiştim.

Bunları Montreal'de gürültülü bir restoranda öğle yemeği yerken konuşuyorduk. Sapp yutkundu, yaptığım yoruma ses etmedi ve

şöyle dedi: “Bu yanından hoşlanmıyordum.” Fakat Woese’in *Beyond God and Darwin*’de yaşadığı hayal kırıklığına rağmen ilişkileri son âna dek varlığını sürdürmüştü. Bana anlattıklarına bakılırsa, Sapp’a göre Woese’in kitabı bitirmek gibi bir derdi yoktu fakat buna rağmen Woese sonsuza dek kitap üzerinde çalışmayı sürdürebilirdi çünkü ona bir dolu arama yapma ve e-posta atma fırsatının yanı sıra şahsen tartışmaya girme olanağı da veriyordu. “Sırf diyalog için bu işe girmişti.” Woese yalnız bir adamdı –ne var ki kampüsün hemen dışındaki evinde bir eşi ve iki çocuğu vardı– ve dostlarına çok kıymet veriyordu.

Bu taslak girizgâh, Woese’in üzerine eklediği yorumlarla birlikte Illinois Üniversitesi Arşivi Carl Woese Belgeleri’nin içinde yer almaktadır. Burada korunan diğer tuhaf şeyse (ve bana Woese’in ilk RNA parmak izlerine ait X ışını filmleri gösterdiği gün, arşivci John Franch’in dikkatimi çektiği şey), 2006’dan sonra CVS eczanesinden satın almış, sarı cildi solmuş ve krem rengine dönmüş ucuz bir telefon defteriydi. Üzerinde herhangi bir etiket veya başlık yoktu fakat içinde Woese’in elyazalarıyla dolu birkaç sayfa bulunuyordu. Sayfalarından birinde tek satırlık “Kitap 1: Bilimin İçinde Büyümek” yazısı belki otobiyografi yazmaya niyetlendiğine işaret ediyordu.³⁴⁰ Başına “Önsöz” yazılmış sonraki sayfanın tarihi, Charles Darwin’in 200. doğum gününün kutlandığı (2008 dünya mali krizinden hemen sonra), Woese’in memnuniyetsizliğinin doruk noktasına çıktığı günü gösteriyordu.

Darwin, öncesinde bahsettiğim gibi 12 Şubat 1809’da doğmuştu. “Kalemi elime aldığım an itibarıyla,” diye başlıyordu Woese. “Yıl 2009. Darwin’in yılı, Darwin her yerde ve kimsenin fikri yok. Umarım bu yıl biyolojinin göreceği en alt nokta olur ve (umarım) dünya ekonomisinde olduğu gibi hem biyoloji hem de ekonomi toparlanır.” Takip edilen birkaç karmakarışık ve huysuz paragraf, evrim yani “biyolojinin kalbi” ve toplumun evrimsel biyolojiyle Darwin’ciliği birbirine karıştırmaması gibi üzücü bir gerçek hakkında inandırıcılıktan uzak düşüncelerle doluydu. Dizinin son sayfası çoğunlukla zikzaklı çizgilerle çizilmiş haldeydi. Sadece tek bir cümle seçilebiliyordu: “Bilim ‘sır tutarak’ ve ‘diplomatik davranarak’ (yani entrikalar kurarak)

başarılı olmaz. Bu simyacılıktır.” Defterin gerisi boştu. Otobiyografi aynı Jan Sapp’la yazacağı kitap gibi asla gerçeğe dönüşmeyecekti.

Fakat Woese’in arkadaşları ve meslektaşlarının anılarında bu şekilde korunan çokça şey vardır. İçlerinden Institute for Genomic Biology’de kimyagerlik yapan biri, Woese’in son dönemlerde evrime karşı takındığı tutumu ve evrim tarihinde sahip olduğu yeri yansıtan bir öykü anlatır (ancak alıntılama için tekrarlamayacaktır). Washington’a önemli bir bilim bürokratını görmeye gitmişti (belki Ulusal Bilim Vakfı veya buna benzer bir kurumun program sorumlusuydu) ve ofisindeki duvarın üstüne iki adamın portresinin asılmış olduğunu fark etmişti: Charles Darwin ve Carl Woese. Urbana’ya döndükten sonra, gururunun okşanacağını düşünerek gördüğü şeyi Woese’a anlatmıştı. Woese şöyle demişti: Neden Darwin?

Jan Sapp hiç tamamlanamayacak kitabının taslak halindeki giriş bölümünde, moleküler biyologların artık “bakterilerin elde ettikleri genlerin kalıtımı sayesinde hoplayıp sıçrayarak evrimleştiğini” anladıklarını yazıyordu.³⁴¹ Kulağa Darwin’cilikten çok Lamarck’çı gibi geldiğini kendisi de çok iyi biliyordu. Aklındaki şey YGT’ydi.

Dahası bu sadece sıçrayıp hoplayarak evrimleşmiş bakteriler için geçerli değildi. Bazen hayvanlar da aynısını yapıyordu. Sadece böcekler ve bdelloid rotiferlerle de sınırlı değildi. Memeliler de ara sıra yapıyordu. “Ayrıca bedenlerimizi oluşturan hücreler ağır ağır, tipik Darwin’ci tarzla gen mutasyonları ve doğal seçimlerle açığa çıkmamıştır.”³⁴² Bazı değişimler kuantum sıçramalarıyla olmuştur. Mitokondrilerimiz, ökaryot veya pre-ökaryot öncesi soyumuzun kadim geçmişi içinde bakterilerin yakalanmasıyla birdenbire meydana gelmişlerdi. Bitkiler de kloroplastları aynı şekilde edinmişlerdi. Genomlarımız adeta mozaiktir. Hepimiz, biz insanlar bile simbiyotik kompleksleriz.

Sapp şöyle yazıyordu: “DNA’mızın büyük bir oranının viral kö-

kenli olduğunu da hesaba katın.”³⁴³ Çok yaygın bir biçimde rakamın yüzde 8 olduğu söylenmektedir: İnsan genomunun kabaca yüzde 8’i, soyumuzu istila etmiş –atalarımızın sadece bedenlerini değil DNA’larını da işgal etmiş– ve orada kalmış retrovirüslerin kalıntılarından oluşmaktadır. Yani kimliklerimizin en derin çekirdeğinde, en az 12’de 1’imiz viraldir. Sapp bizi bunu göz önünde tutmaya itiyordu.

Ben de böyle yaptım. Ve Paris’in güney eteklerindeki Gustave Roussy Enstitüsü’nden Thierry Heidmann’la kıyaslandığında viral genomik içeriğimiz üzerine çok dikkatli çalışmalar yapmış biliminsanlarının sayısının varsa bile çok az olduğunu öğrenince, kendisini görmek için yola çıkmaya değer olduğunu düşündüm.

Thierry Heidmann esas eğitimini fizik ve matematik alanlarında almış biyologlardan biriydi. Paris'te büyümüş ve eğitimini kentteki en iyi kurumların bazılarında almıştı: École Normale Supérieure'ü Paris Üniversitesi takip etmiş ve ardından Pasteur Enstitüsü'ne gitmişti. Babası astrofizikçiydi ve ilgisi nörobiyolojiyle karmaşık sinir sistemlerinin ağlarına yönelinceye dek astrofizik okumayı düşünüyordu. İlgisini çeken karmaşık sistemler, Nigel Goldenfeld'le kurduğu son ortaklığında Woese'ın ilgisini çekmiş türden karmaşıklıkla (yeni beliren özellikleriyle) kabaca aynı türdendi. Heidmann bu alanda doktorasını tamamladıktan sonra, insan sağlığıyla daha ilgili bir şeylerle uğraşmayı arzuladı. Bunun üzerine tümörler ve bunların transpozonlar ve retrovirüslerle ilişkileri üzerine düşünmeye başladı.

Retrovirüs, olağan DNA yazım sürecine nazaran geriye dönük şekilde işleyen bir virüstür. DNA'nın RNA'yı, RNA'nın da proteini üretmesi yani genetik bilgileri canlı uygulamalara dönüştüren olağan yolun yerine, retrovirüs çift sarmallı molekülü yani DNA'yı üretmek için RNA genomundan yararlanır. Bu hile ve birkaç başka şey sayesinde, sadece hücreleri işgal etmekle kalmaz, o hücrenin çe-

kirdeğine girip kendi DNA'sından belli bir parçayı o hücrenin DNA'sına yamar. Böylece hücre genomunun kalıcı bir parçasına dönüşür. O hücre veya onun soyundan gelenler ne zaman çoğalacak olsa, bu yabancı uzantı da kopyalanır. Eğer retrovirüs germ hattı hücrelerine bulaşmışsa –yumurta veya sperm hücreleri, yahut onları üreten yumurtalıklarla testislerdeki hücreler–, hücreye sokulan viral dizilim kalıtım yoluyla aktarılır ve genomun kalıcı bir parçası olarak diğer nesillere geçer. Bu noktada artık organizma için yabancı bir unsur olmaktan çıkar. Artık *endojendir* yani yerli ve doğal bir unsurdur. Bu tür virüsler endojen retrovirüsler (ERV'ler) olarak bilinirler çünkü bulaştıkları yarattığın soyunda endojen hale gelirler.

Bir retrovirüs kendisini insan genomuna sokuyorsa, insan endojen retrovirüsü veya HERV'dir. İnsan genomunun yüzde 8'ini oluşturanlar bu virüslerdir yani HERV'lerdir. Bana güvenin. Bu sizi Thierry Heidmann'ın çalışmalarından çıkan sonuçlar karşısında korkutacak bir noktaya götürecektir.

Bazı retrovirüsler kansere yol açar. Fare lösemisi virüsü gibi. Heidmann bunu incelemişti. Elbette en kötü şöhretli retrovirüsler AIDS'e yol açan HIV-1'lerdir. 1980'lerin sonlarında Heidmann'ın kendi laboratuvarını kurması, HIV-1 üzerine araştırma programı başlatmak için retrovirüslerle ilgilenen bir bilim insanı için mantıklı bir dönemdi. Çok para akacaktı, araştırmanın önemi büyüktü ve acildi. Bunun yerine pek açık ve net olmayan bir şey yaptı.

Tümör biyolojisinin de kendine özgü bir aciliyeti vardı ve tümörlerle retrovirüsler arasındaki bağlantı onu cezbetmeye devam ediyordu. Elektron mikroskobisiyle uğraşan birden fazla uzmanın genom diziliminden yıllar önce yaptığı şu gözlemden haberdardı: Plasental dokularda ve bazı timörlerde virüse benzer partiküllerden bol miktarda görünmekteydi. Plasental dokular mı? Konuyla alakası olmayan, tuhaf ve verimli olma potansiyeli yüksek bir konuydu. Bu yüzden Heidmann hastanelerden yeni taburcu olmuş insanların plasentalarında retrovirüs bulguları aramaya başlamıştı. Kendisi ve ekibi plasental DNA'ya gömülü yeni bir virüs familyası buldular ve ona HERV-L ismini verdiler. Sonraki araştırmalar, fare genomu ve diğer memelilerin genomlarında benzer dizilimlerin, başka ERV-L

türevlerinin olduğunu göstermişti. Heidmann 2009'da verdiği bir röportajda şöyle diyordu: "Bir tür virüs arkeolojisi yaptık."³⁴⁴

Yaklaşık 100 milyon yıl öncesine, yani memeliler arasındaki büyük ayrımların öncesine uzanan hayvan genomlarında ve bizimkilerde ERV-L'nin bulunduğunu gördüler. Primat genomlarında bu şey kendisini, aynı transpozonlar gibi yaklaşık 200 kez kopyalamıştı. Peki, bir işlevi var mıydı? Bir gen olarak mı işlev oynamıştı? Merak ettikleri bu tür şeylerdi. Belki öyleydi, belki de değil. Muhtemelen çeşitli genomlar arasında sıçrayıp kendisini kopyalayarak varlığını sürdüren bencil bir DNA'dan ibaretti. Heidmann'ın grubu cevabı bildiğini iddia etmiyordu. Fakat bu Heidmann için insan genomlarının viral bileşeni olan insan kimliğini araştırmakla geçireceği onlarca yıllık keşfin başlangıcı olmuştu. Uzun arayışında bulduğu şeyse, ilk baktığı olmasa bile *bazı* HERV'lerin gerçekten insan genlerine has roller üstlenmesiydi.

Thierry Heidmann seçkin bir araştırmacı olduğu kadar cömert de bir insandı. Paris'te kalacağım yeri duyduğunda bana şöyle demişti: Ah, mahalleme çok yakın. Metroyu boş ver, seni gelip alacağım. Bunun üzerine 17. Arrondissement'daki* küçük otelim dışında beklemeye koyuldum ve sabah saat tam sekizde beyaz küçük bir Volkswagen önümde durdu. Dışarıya kırılan sakalı, sağlam kaşları ve süveterinin üzerine giydiği mavi blazer ceketiyile bir adam çıktı ve beni arabaya binmeye davet etti. Düşündüğümün aksine kuzeye gidip büyük çevre yolu Boulevard Périphérique'e seğırtmek yerine, güneydoğu yönüne gidip şehrin kalbine uzanan manzaralı caddeye girdi. Trafik çok kötü değildi ve yol üzerinde bana bazı yerleri gösterdi: Şurada La Ladeleine Kilisesi, burada Place de la Concorde vardı. Sein'den geçerken Louvre solumuzda kalmıştı ve elbette nehrin hemen yukarısında Notre-Dame görölüyordu. Şimdi Boulevard St.-Germain'e ve Sorbonne'a varmıştık. İleride École Normale Supérieure'ü göstererek, işte orada okudum, dedi. Bu adam her gün işe gidip gelirken dünyanın en enfes yolunu kullanıyordu. Bir saatten

Paris şehri 20 idari bölgeye bölünmüştür, bunların her birine *arrondissement* denir. (Y.N.)

az sürede Gustave Roussy Enstitüsü'ne vardık. Yol boyunca geçmiş ve çalışmaları hakkında konuşmuştuk. Sonraki altı saat boyunca konuşmamıza laboratuvar ofisinde devam ettik ve sadece öğle yemeği için ara verdik.

Laboratuvarda koridorun sonunda bulunan ofisi, pencereleri Gustave Roussy Enstitüsü'nün bulunduğu Villejuif banliyösündeki ağaçlara tepeden bakan küçük bir odaydı. Odada sıra sıra raflar vardı ve raflar yığın yığın, klasör klasör ve kutu kutu dergi makaleleriyle doluydu. Bazıları mavisi, yeşili, turuncusu, pembesi ve beyazıyla renk renk kâğıtlara basılmıştı. Çok ciddi bir işyerinde bir tür Mondrian tipi bir dekor oluşturunuyordu. Konuşurken bana, 20 yıldır yaptığı şeyleri özetleyen rakamlar ve grafiklerle dolu slaytlar gösterdiği MacBook Pro'sunun yanındaki masaya oturduk. Slayt HERV-L çalışmasıyla başlıyordu ve grubunun çok da uzun zaman geçmeden keşfettiği başka bir insan endojen retrovirüsünün öyküsüyle ilerliyordu. İki keşif arasında değişen şey insan genomunun diziliminin çıkarılması ve bu dizilimin kamu erişimine açılmasıydı. Heidmann'ın yöntemleri de buna uygun olarak değişimden geçmişti. Ekibi bilinmeyen ERV'lerle ilgili bulgulara rastlama amacıyla genomun tamamını taramadan geçirmişti. Özellikle aradıkları şey belli bir gen türünün işaretleriydi: Viral zarf* yaratan tanıdık, fark edilebilir bir genin işareti. Bu viral bir partikülün sıkı kapsülü etrafında oluşan bir tür yapışkan bir sargıydı. 20 tane bulmuşlardı.

“Bu kadar zarf geni var,” diye anlatıyordu bana Heidmann. “İçlerinden ikisi çok önemli.”

İkisinden biri halihazırda başka araştırmacılar tarafından keşfedilmişti ve *sinsitin* olarak adlandırılmıştı. Bu gen kendisini, proteinlerini ağırlıkla plasental dokuda üreterek ifade etmekteydi. Orada ne yapıyordu peki? Başta kimse bilmiyordu fakat ismini hücreleri (*sitin*) birbiriyle kaynaştırma (*sin*) becerisinden almıştı. Laboratuvardaki hücre kültürleriyle bu etkisi kanıtlanmıştı. Hücrelerin kaynaşp tek

tek hücre duvarları yerine birden çok çekirdeği olan toplu hücre yığınlarına dönüşmesi, insan plasentasına ait bir tabakanın yapımında hayati bir adımdır. Bir tür geçirimli ve protoplazmik bir tampon olan bu tabaka, annenin kanıyla fetüsün kanı arasında aracılık yapan plasentanın parçasıdır. (Kendinizi süslü bir terime hazırlayın: Adına *sinsitiyotrofoblast* deniyor. Tamam, rahatlayın ve unutun.) Kısaca *sinsitin* bu tabakanın oluşumuna yardım etmiş olabileceğiyle ilgili bir hipotez ortaya atılmıştı. Heidmann'ın grubu tamamen farklı bir retrovirüsün geride bıraktığı, benzer şekilde insana ait hücreleri birleştirme kapasitesine sahip başka bir zarf geni buldu. Adına *sinsitin-2* dediler. (İlki *sinsitin-1* oldu.) Laboratuvarlarında yaptıkları testler, hücreler arasında kaynaşmalara yol açan kapasitenin aynısını açığa sermiş, böylece bu genlerin plasentaların yapımına yardımcı olduğunu söyleyen hipotez daha da desteklenmiş oldu.

Bundan kısa bir süre sonra, Heidmann'ın ekibi yaygın laboratuvar farelerinde bu genlerden iki farklı türün olduğunu fark etti. Bunlar insan *sinsitin*lerinden kendi isimlerini almaya yetecek kadar farklıydılar: *sinsitin-A* ve *sinsitin-B*. İlave genom taramaları, sıçanlarda, çöl farelerinde, tarla farelerinde ve hamsterlerde de yakın muadillerin olduğunu su yüzüne çıkardı. Yani iki farklı geni çok eskidi, kemirgenlerin soyuna en az 20 milyon yıl önce, yani henüz dallar ayrılmadan önce girmişti.

Heidmann bana şöyle anlatıyordu: “Bu aşamada sorduğumuz bir soru vardı. Şans eseri yakalanmış bir genin bu kadar önemli olması nasıl mümkün olabilirdi?”

Plasentaların yapımı belli ki önemliydi ama ekibin *sinsitin*leri bu işleyle ilişkilendirmek için daha fazla bulguya ihtiyacı vardı. Bunu genetiği oynanmış, moleküler manipülasyonla içlerinden *sinsitin-A* geni alınmış “nakavt olmuş” farelerde deneyler yaparak elde ettiler.³⁴⁵ Bu fareleri çiftleştirip, gebeliğin 13. günü geçmeden rahimdeki tüm embriyoların öldüğünü izlediler. Farelerde olağan gebelik süresi 19 ila 21 gün civarındaydı. Bu ölü fareler gebeliğin sonuna dahi yak-

laşmamışlardı. Kesilip açıldıklarında plasenta ve fetüs arasındaki sınırdaki yapısal kusurlar olduğu görüldü. Fetüsteki kan damarlarını sıkıştırmış, fetüsün büyümesini engellemiş ve doğmamış fareyi öldürmüştü. İkna edici bir bulguydu. Fakat böyle bir deneyi elbette insanlarda yapamazdınız.

Heidmann'ın merakı hızla büyümüştü. Ekibiyle Avrupa kökenli tavşanlarda bir *sinsitin* geni buldu. Köpek ve kedi genomlarında etçil bir *sinsitin* buldular. İneklerde ve koyunlarda bir tanesine daha rastladılar. Tarla sincaplarında da vardı. "Sayısız üniversite, laboratuvar ve hayvanat bahçesiyle çalıştık." "Mümkün oldukça plasentaya ihtiyacımız olduğu için," Fransa'da "çok fazla hayvana sahip olan" bir hayvanat bahçesiyle özel bir işbirliği içindeydiler. Keseli hayvanlarda bile bu genlerden birini bulmuşlardı.

Keseli hayvanların da mı plasentası var?

"Çok geçici bir plasenta. Çünkü keseli hayvanların içinde oposumlar veya kangurularla valabiler* var. Kısaca çok kısa ömürlü bir plasentaları vardır." Dediği kadarıyla bazı insanlar "embriyo annenin dışındaki torbaya gideceği için" tam tersinin geçerli olduğunu ve keseli hayvanlarda hiç plasantanın olmadığını farz ediyorlardı. Yani geçici plasentaya sahip olan ve gebeliğini harici bir torbada sürdüren dişi bir keseli hayvanda bile, plasentaya yardım etmeyi amaçlamış viral bir gen vardı. Heidmann'ın grubu, keseli hayvanlar içinde bu gene ilk kez gri ve kısa kuyruklu oposumlarda rastladığı için adına *sinsitin-Opo1* adını vermişti.

Bu genlerin hepsinde ortak olan dört şey vardı. Her biri, kendisini memeli genomuna sokmuş bir retrovirüsün zarf geninden türemişti. Hepsi kendisini plasentayı kaplayan bir proteinle açığa vurmaktaydı. Her biri hücreler arasında kaynaşmaya (en azından laboratuvar kültürlerinde) yol açıyordu ve bu özel, hücreleri kaynaşmış, protoplazmik bir tabaka oluşturabildiklerine, böylece besin maddeleriyle gazı anneden alıp atıkları dışarı sızdırarak plasenta ve fetüs arasındaki aracılığa yardım ettiklerine işaret ediyordu. Son olarak

hepsi antik bir gendi. Doğal seçim sayesinde işlevsel formlarıyla (rasgele ve düzensiz mutasyonların tersine) milyonlarca yıl boyunca korunmuşlardı. Korunmaları genlerin faydalı olduklarını kanıtlıyordu. Sadece hurda DNA'lar değillerdi. Artık parçalardan ziyade birer araçtı. En güçlü memelinin sağ kalmasına yardımcı olmuşlardı.

Bu dört husus, Heidmann'ın grubu tarafından formüle edildiği şekliyle, bir *sinsitini* meydana getiren şeylerin temel standartlarıdır. Fakat ekibin gözünden kaçmayan ve eşit derecede önemli olan diğer şey bu genlerde ortak *olmayan* şeylerdir: Hepsi farklı kaynaklardan gelmiştir. Tümüyle farklı retrovirüslerden gelmiş viral genlerin birbirinden bağımsız şekilde yakalandığı ve evcilleştiği durumları yansıtmaktadırlar. Heidmann'ın tahminine göre bu bağımsızlık, memelilerin türleri içinde son derece değişken bir yapı olan plasentanın neden çok çeşitli türlere ayrıldığını açıklayan bir unsurdur. Bana plasmanta yapıları ve taksonomisi hakkında, fevkalade ayrıntılar ve gizemlerle dolu koca bir söylev verdi ama sizi bunlarla sıkmayacağım.

“Bunlar farklı sinsitinleri yakalıyor,” demişti. “Bunlar”la kastettiği evrimsel tarih boyunca yaşamış farklı memeli soylarıydı. “Farklı zarf genlerini yakalıyorlar çünkü bunları farklı virüslerden kapıyorlar. Nitekim yapıdaki değişkenlikten sorumlu olan yakalanan şeylerdeki fark. Böyle.” Ayrıca bu yakalamalar birbirinden alabildiğine farklı zamanlarda gerçekleşmişti. Primatlardaki *sinsitin-2* en az 40 milyon yıl öncesine gidiyordu. Bahsettiğim gibi sıçanlardaki versiyonu, 20 milyon yıl boyunca bu soyun parçası olmuştu. İnek ve koyunlardaki *sinsitin* görünüşe göre en az 30 milyon yaşındaydı ve keseli hayvanlardaki muhtemelen bu soya sekiz milyon yıl önce girmişti. Heidmann'ın ifadesiyle buradan çıkan sonuç, retrovirüslerin hayvanları ve genomlarını sürekli bombardımana tutmuş olduğuydu. Bu enfeksiyonların çoğu virüslerin kendilerini genomlara sokmalarıyla sonuçlanmamıştı. Sadece ufak bir kısımları girmişti ve bu az sayıda virüs endojen retrovirüsleri açığa çıkarmıştı. Bu ERV'lerin hâlâ küçük bir kesimi, *sinsitinlere* bürünmeleri için zarf genlerini vermişlerdi.

Ama durun. Farklı memeli soylarında ve farklı zamanlarda açığa çıkan birbirinden değişik *sinsitinlerin* yarattığı bu koca örüntü başka

bir sorun doğuruyordu. Daha Paris uçağına binmeden önce Heidmann'ın makalelerini okurken dikkatimi çekmiş mantıksal bir çelişki yaratıyordu. Bu olmazsa olmaz *sinsitinlerin* bazıları eğer 20 milyon yaşındaysa ve bazıları 30 veya 40 milyon yıl öncesine kadar gidiyorsa, bu genler yakalanmadan önce memeli soyları nasıl açığa çıkmış olabilirdi ki (ilk plasenta nasıl evrilmişti)? Memelilerin evrimleri sırasında aralıklı bir şekilde ve tesadüf sonucu edinilmişlerdi fakat her zaman gerekli olmuşlardı. Plasenta olmadan plasentalı bir memeli *olamazdınız*. Hangisi önce geliyordu, şans mı gereklilik mi?

“Evet, durum tam da böyle,” dedi Heidmann. “Bu bir paradoks.”

Heidmann ve genç meslektaşları bu paradoksu bir hipotezle açıklıyorlardı. Hipotezleri, muhtemelen yine fi tarihinde biçimlenmiş viral zarf genlerinden türeyen *sinsitin* genlerinin fiyakalı becerilerinden biriyle ilgiliydi. Bu beceri immünoşüpresyon yani bağışıklık sistemini baskılamasıydı.

Retroviral zarflar karmaşık ve çok yönlü yapılar olup onların kodunu taşıyan da en az onlar kadar karmaşık ve çok yönlüdür. Hücreler arasında kaynaşmaya vesile olmalarının dışında, konaktaki antiviral bağışıklık tepkilerini de bastırabilir. Memelilerin plasentalarında kullanılan ve pek belirgin olmayan başka bir değeri de vardır. Münferit bir memelinin fetüsü de plasentası da, anneninkinden farklı bir genom taşır. DNA'ların yarısı babadan gelir. Annenin bağışıklık sistemi tamamen tetiğe geçtiğinde, akyuvar hücreleri fetüse saldırabilir ve onu reddedebilir. Plasentalı memeliler arasında uyum sağlama yetisi çok yüksek olan plasantanın rolü kısmen, bu tepkinin etkisini azaltarak annenin bağışıklık sistemi ile fetüs arasındaki düzeni korumaktır. Bu iç hamileliği ve doğumu mümkün kılar. İlk me-

melilerin sürüngen soyundan ayrıldığı dönem için yenilik olan bu şey, açıkça yumurta bırakmaya karşı belli avantajlara sahiptir. Heidmann bana hâlâ kuşların varlığını koruduğunu hatırlattı yani bu mutlak bir avantaj değildi. Kuşların plasentası yoktur. Embriyolarını erken bir dönemde sert kabuklu oval paketler halinde dışarı atarlar. Besleyici sarı madde sayesinde kendi kendilerine yeter bir şekilde dışarıya gönderirler ve sadece onları sıcak tutmaları gerekir. Yani yumurta bırakırlar. Timsahlar da aynısını yapar. Fakat plaseenta bazı durumlarda omurgalı soylardan bazılarında belli bir avantaj sağlamıştır. Memeli soylarından biri bu avantajdan yararlanırken, bugün monotrem dediğimiz türlerin ataları (yumurta bırakan memeliler ornitorenkler ve dikenli karıncayiyenler) yararlanamamıştır. Peki, hamilelik ve doğumda bu denli avantajlı olan şey nedir? Öncelikle annenin kolay bir hedef gibi çömelmek yerine, fetüsü güvenli bir şekilde içinde taşıyıp etrafta gezinmesini sağlar.

Heidmann'ın hipotezine göre hepsinin işaret ettiği şey şudur: Plaseenta öncesi döneme ait memelilerin yakaladığı ilk sinsital genler, fetüse karşı bağışıklık sistemini bastıran bir amaca hizmet etmiş olabilir ve sonrasında yavaş yavaş plaseentaya evrilirken aracı tabakalardan birine dönüşerek ek bir rol üstlenmiştir. Daha sonra *sinsitinler* memeli soylarında ilkinin daha ileri versiyonları olarak geçirilmiş ve diğerlerinin yerlerini almış olabilirler.

Heidmann'la öğle yemeği için yakınlarda bir yere gittik ve sonra son bir sohbet için geri döndük. Ona bunların hepsi bize evrimin işleyişi hakkında ne anlatıyor diye sordum. Ve yaşam ağacı hakkında.

Sorumun genişliği ve sabitliği karşısında iç geçirdi. "Genlerimizin sadece bize ait genler olmadığını," söyledi. Ardından kahkahalar attı. Ben de güldüm ama zoraki şekilde. Çünkü duyduğum şeyden emin olamamıştım. Tekrar etmesini istedim.

"Genlerimiz sadece *bizim* genlerimiz değil," dedi. "Genlerimiz aynı zamanda retroviral genler."

Heidmann'ın tokat gibi çarpan mesajından (insan olarak genlerimizin hatırı sayılır bir bölümünün insan ve primat olmayan kaynaklardan gelmiş olduğu) bir adım ötesinde CRISPR'in cesur yeni dünyası uzanmaktadır. Bu gevrek* küçük kısaltma, muhtemelen bildiğiniz gibi çok karmaşık bir şeye karşılık gelmektedir: Gazetelerde çok meşhur olmuş, dergilerde dedikodusu yapılmış, 2015'te *Science* dergisi tarafından Yılın Çığır Açan Buluşu olarak haberleştirilmiş ve geniş kesimler tarafından birine Nobel Ödülü kazandıracağı düşünülmüş, sansasyonel derecede etkili bir genom düzenleme sistemidir. CRISPR Heidmann'ın söylediği şeyin birkaç adım daha ötesindedir. Genetiği oynanmış bir gelecek önünde gerçekleştirilmiş son büyük harekettir. Laboratuvarlarda ve (neticede) kliniklerde genomları (insan genomları da dahil) ucuz ve kesin bir biçimde değiştirme olasılığının kapısını aralayan bir tekniktir.

İngilizcede gevrek anlamına gelen *crisp* ile CRISPR arasında söz oyunu yapılıyor. (Ç.N.)

CRISPR'in açılımını *kümelenmiş düzenli aralıklı kısa palindromik yinelemeler* şeklindedir.¹⁴⁶ Bir palindrom elbette, baştan sona ve son-
dan başa okunduğunda aynı sözcüklerin hecelendiği harfler dizisi-
dir. Sözlü alanda, Napoléon'un sesiyle *"Able was I ere I saw Elba"** ve
belli belirsiz Ferdinand de Lesseps'e gönderme yapan *"A man, a plan,
a canal: Panama"**** gibi zekice süzölmüş ifadeler üreten söz oyunları-
dır. Sözlü bir palindrom bir şeyler anlatır ama söylediği şeyin illa
anlamı olmak zorunda değildir. Örneğin: *"A Santa dog lived as a
devil god at NASA."***** Benim favorimse daha basit: *"As I pee, sir, I see
Pisa."******

Bir DNA genomu içinde, palindromik örüntüler çıkarılmasını
sağlayan tek alfabe dört kodlayıcı harften yani A, S, G ve T'den iba-
rettir. Dolayısıyla DNA kodlamalarıyla oluşan palindromik bir tek-
rar daha çok GTTSTAATGTA-ATGTA-ATSSTTG gibi görü-
nür. Görünüşe göre bu tür DNA palindromları önemli işlevsel işa-
retçiler olabilir. Biliminsanlarını, doğal dünyanın içinde var olduğu
yerlerde CRISPR mekanizmasını (biraz sonra bu konu üzerinde
daha çok duracağız) keşfetmeye ve birkaç yıl içinde bunu genetik
mühendisliğin olağandışı ve yeni bir yöntemi olarak geliştirmeye
sevk eden ilk bulgular bunlardı. Sistemin tamamında palindromlar-
dan ayrı moleküler unsurlar da vardır –enzimler ve RNA formları–
fakat CRISPR bütün meselenin gayriresmi etiketi olmuştur.

CRISPR araştırmacıların üç milyon harften oluşan insan geno-
mu içinde herhangi bir mutasyonu yani tek tek "yanlış" harfleri he-
defe almalarını ve düzeltme yapmak için biyokimyasal araçları oraya
göndermelerini mümkün kılmaktadır. Çocukları öldürebilecek veya
onlara acı çektirebilecek doğuştan gelen sakatlıkların ve mutasyon-
ların genetik taramayla tespit edilmekle kalmayıp, fetüs büyümeye
başlamadan önce düzeltilmesini sağlama konusunda ailelere umut
vermektedir. Kas distrofisine sebep olacak bir gen silinip değiştirile-

(İng.) İşte burada Elba'yı görebildim. (Ç.N.)

(İng.) Bir insan, bir plan, bir kanal, Panama. (Ç.N.)

(İng.) Santa'nın bir köpeği NASA'da şeytani bir tanrı olarak yaşadı. (Ç.N.)

**** (İng.) İlerken efendim, Pisa'yı görüyorum. (Ç.N.)

bilir mi gerçekten? Harikulade. Kistik fibrozi riski taşıyan bir mutasyonu silmek mi? Efsanevi. Bir hesaba göre her biri tek bir genin kötü olmasıyla oluşan, büyük kısmı veya çoğunluğu CRISPR kullanılarak düzeltilebilecek olan bu kalıtsal rahatsızlıkların sayısı on binden fazladır. Dahası bu düzeltmeler sadece çocuğun somatik hücrelerinde (beden hücreleri) değil, germ hattında yani DNA'yı sonraki soylara aktaran kutsal üreme hücrelerinde de yapılabilir. Peki, nasıl yapılacak? Tüpte döllenmenin çok erken aşamalarında bir düzenlemenin yapılmasıyla. Yani bir tabakaya bir adet insan yumurtasıyla bir adet insan spermi konup bir doz CRISPR büyüğü ilave edilecek. Germ hattında yapılacak bu tarz mühendislikler son derece güçlü ve ihtilaflıdır, çünkü sadece bireyleri değil koca popülasyonları etkilemektedir. Germ hattında yapılacak bir oynama bir canlı soyunda kalıcı bir değişikliğe yol açabilir. Sadece o gün yaşayanları değil gelecek yaşamları da değiştirebilir. Bir türün evrimsel yörüngesini, örneğin bizim yörüngemizi değiştirebilir.

Bu henüz gerçekleşmemiştir. Bildiğimiz kadarıyla CRISPR tadilatından geçmiş herhangi bir tüp bebek doğmamıştır. Sahanın önde gelen araştırmacılarından bazıları, insan germ hattının mühendisliği için CRISPR kullanımında dikkatli olunması, bunun sınırlandırılması, hatta küresel bir moratoryumun getirilmesi konusunda çağrılarda bulunmuşlardır. Diğerleri yakın vadede mutasyonları düzeltme ihtimalinden ayrı olarak yeni DNA parçalarını ekleme potansiyeli taşıdığı için CRISPR'in yüksek teknoloji bir soy ıslahına yol açma riski taşıdığını belirtmişlerdir. Doğmamış çocuğunuzu daha zeki kılacak, atletik beceriler kazandıracak veya müzik kampında onu ilk çello sırasına oturtacak genler eklemek mi? Of! Peki, sonra ne olacak? Hepimiz tüm çocukların ortalama üstü olduğu Wobegon Gölü gibi bir dünyada mı yaşayacağız? Bu hayali ihtimal kimi zaman, acil tıbbi ihtiyaçların dürtüsüyle yapılan tedavi edici değişikliklerden farklı olarak "gönüllü" genetik değişiklik şeklinde adlandırılır. Anne babaların çocuklarını hayat basamaklarının yukarisına çıkarmak için yaptığı, örneğin onları üniversiteye giriş sınavına hazırlama amacıyla özel eğitmenler tutarak yaptığı başka "gönüllü" iteklemeler gibi, sadece baştan çıkarıcı ve yararlı şeyler olarak görünmekle kalmayıp rekabetçi ortamda zorunlu şeylere dönüşebilir. Yine

de zengin ve ayrıcalıklı olanlar için zorunlu görünen bir şey çoğu kez diğer herkes için olanaksız ve akla hayale gelmez bir şey olur. Varlıklılar ve hayat mücadelesi verenler, iyi hazırlanmış ve sıradan olanlar, iyi mühendislikten geçmiş çocuklar ile eski usul yöntemlerle tesadüfen dünyaya gelmiş olanlar arasındaki uçurum büyüyecektir. Dahası özel SAT kurslarının, kozmetik burun ameliyatlarının veya beş yaşından itibaren verilen tekvando derslerinin aksine, etkileri iyisiyle kötüsüyle gelecek kuşaklara aktarılacak bir iteklemedir bu.

Günümüzde insanların germ hattında mühendislik yapılması hâlâ eli kulağında bir ihtimalden ibarettir, denetimsiz bir eğilim değil. Fakat bu satırları yazarken aldığım son haberlerden biri, Oregon'da ve başka yerlerde çalışan, bir mutasyonu düzeltmek için tek-hücreli insan embriyolarında CRISPR araçlarını kullanan uluslararası bir bilim ekibinin *Nature*'da yayımladığı rapordu.

Bu özel mutasyon, kendisini âni kalp yetmezliği olarak gösteren, zaman zaman dışarıdan bakıldığında sağlıklı ve genç atletlerde görülen hipertrofik kardiyomiopati (HKM) isimli bir kalp hastalığına sebep olmaktadır. Bazılarını öldürmekte ve birçok kişinin yaşamını karartmaktadır. HKM üzerine yapılan çalışmalar, kliniksel bir ilacın uygulaması değil laboratuvar deneyiydi. Her biri CRISPR'in onarım iksiriyle tedavi edilmiş 44 insan embriyosuyla yapılmıştı. Bunların çoğu başarılı sonuçlanmış, bazıları başarısız olmuştu ama sonrasında hiçbirisi bir insanın rahmine yerleştirilip CRISPR bebeği olarak yetiştirilmemişti. Ama bu eşiğin geçilmesi sadece bir zaman meselesidir ve araştırmaların mevcut hızına bakıldığında muhtemelen yaşanmasına fazla zaman kalmamıştır. CRISPR sıcak ve demokratiktir. Ucuz ve görece kolaydır. Doğrusu bir şirket bugün internet üzerinden kendin yap tarzı CRISPR kitlerini (insan için değil bakteriyel gen mühendisliği için üretilmiş olanları) 200 dolardan ucuza satmaktadır. Yerkürenin çeşitli yerlerinde iyi eğitilmiş araştırmacılar ve hayal gücünden yoksun, sağduyudan çok ihtiraslarıyla hareket eden bazı biliminsanları bugün gerekli araçlara sahip durumdadırlar.

Burada niyetim CRISPR'in nasıl çalıştığını ayrıntılarıyla aktarmaya çalışmak veya ahlaki sonuçlarının uzanacağı noktaları keşfetmek değil. Gelecek yıllarda başka kaynaklardan bu konuyla ilgili bol

miktarda şey duyacaksınız. Onu Carl Woese’la ve yeni yaşam ağacıyla ilişkilendiren şey CRISPR’in kökenleridir, insanların ona biçtiği yeni amaçlar değil. CRISPR’in dikkat çekici uygulamalarıyla dolu haberlerde bahsi nadiren geçen bu kaynaklar, başlı başına hayranlık verici şeylerdir ve bu kitapla çok ilişkilidir.

1980’lerin sonlarında ve 1990’ların başlarında biliminsanlarından oluşan birkaç ekip, insan bağırsağında yaşayan meşhur bakteri *E. coli* de dahil belli başlı mikropların genomlarında tuhaf ve tekrarlanan dizilimler keşfetti. Dizilimler genelde orta noktanın her iki tarafında 30 civarı harften oluşuyordu ve tekrarlanmayan kısa harf dizilerinin yanına adeta birer kitap dayanağı gibi konmuşlardı. Kabaca şöyle düşünebilirsiniz: “Able was I ere gesundheit ere I saw Elba.” Bu sözcüklerin tümüyle A’lar, T’ler, S’ler ve G’ler şeklinde yazıldığını hatırlayın. Bu tuhaf DNA uzantılarının ne yaptığını veya bir şey yapıp yapmadıklarını kimse bilmiyordu. Fakat 2002’de bunlara bir isim verilmiş ve CRISP olarak kısaltılmıştı. Araştırmacılar işlevleri üzerine tahminler yapmayı sürdürdüler. Üç yıl sonra bu esrar, Francisco Mojica isimli İspanyol bir biliminsanı tarafından aydınlatıldı.

Mojica Akdeniz limanlarından Santa Pola’nın yakınlarında büyümüştü, sahil şeridini biliyordu ve doktora çalışmasını, Santa Pola bölgesinin tuzlu bataklıklarında yaşayan ve Woese’ın el üstünde tuttuğu arkelerden bir mikrobun genomu üzerine yapmıştı. Mikrop halofilikti, yani tuzu seviyordu. Genomuna bakınca tuhaf bir örüntü dikkatini çekti: Neredeyse mükemmel palindromlar halinde tekrarlanan sayısız kopyayla, birbirini yansıtan kısımlar arasında başka harflerden oluşma ara parçalar vardı. Merakı derinleşen Mojica, sonraki on yılın büyük kısmını benzer örüntüleri başka yerlerde bulmaya harcadı. Bunları –başka sürümlerini, başka palindromları– sadece arkelerde değil yayımlanmış bakteri genomlarında da buldu. Bir tanesi *E.coli*’de görülmüştü. 1987’de ne anlama geldiğini anlamlandıramamış bir Japon ekip tarafından raporlanmıştı. 2000 yılında yayımlanmış genomları araştıran Mojica, 19 ayrı mikrop, bakteriler ve arkelerden oluşan karma bir listede CRISPR dizilimleri tespit etti. Bu benzer dizilimlerin ortak bir işlevi olabileceğinden şüpheleniyor-

du. İlgisini özel olarak çeken şey, palindromik tekrarların arasındaki boşluğu dolduran –verdiğim örnekte *gesundheit* gibi olan fakat her biri biraz daha uzun olup birkaç düzine harften oluşan–, ara parça olarak bilinecek kod uzantılarıydı. Ne anlama geliyorlardı? Ne yapıyorlardı? Bir dizilimde *gesundheit* iken başkasında neden *abracadabra* olabiliyordu ve neden *damnyankees* veya *rumplestiltskin* değildi? 2003'ün sıcak Ağustos ayında, Mojica Santa Nola'nın hemen kuzeyinde yer alan Alicante Üniversitesi'ndeki klimalı ofisine kapandı ve bunu anlamaya çalıştı.

Sözcük işleme programını kullanarak ara parçaları CRISPR'lerden ayırıp kâğıda döktü ve bunları benzer şeyler bulma arayışıyla, bilinen genomlardan oluşan büyük veritabanlarına girdi. Bazı yakın eşleşmeler buldu: Belli virüslerdeki DNA uzantıları. Aynı derecede veya daha çok dikkat çeken şey, bakteriyel plazmidler arasında, yani yatay olarak aktarılabilen DNA'lara ait o bulaşıcı ve ufak parçacıklarda başka eşleşmelere rastlamasıydı. Görünüşe göre CRISPR, geçmişte bakteriler ve arkelerin yabancı DNA'ları yakalayıp bu parçaları kendi genomlarına dahil ettiği enfeksiyonların kaydını veriyordu. Peki, hangi amaçla?

Pekâlâ, viral enfeksiyon, bakterileri veya arkeleri öldürebilir. Plazmid enfeksiyonu ise (yatay DNA transferi) iyi veya kötü bir şekilde genomlarını değiştirebilir. Bir mikrop bu tür izinsiz girişleri caydıracak araçlar edinebilir. Mojica'nın üzerinde spekülasyon yaptığı gibi bu CRISPR'ler belki, ara parçalarda görülen mikropların yeniden bulaşma ihtimaline karşı bir tür bağışıklık mekanizmasıydı. Gelecek enfeksiyonlara karşı savunma amacıyla o enfeksiyona dair bir anıydı belki? Kendi dünyamızda bunun bir ismi de bulunmaktadır. Adına aşı diyoruz.

Mojica bilgilere dayandırdığı spekülasyonunu üç eşyazarla birlikte bir makaleye dönüştürdü ve *Nature*'a gönderdi. Reddedildi. Ardı ardına önde gelen birkaç başka dergiye daha yolladı. Yine reddedildi. Editörler makalede çok yeni veya önemli bir şey görmüyorlardı. Aylar geçti. Mojica birilerinin kendisini atlatacağından endişeleniyordu. En sonunda taslağını, Carl Woese ve dört meslektaşının ayrı bir yaşam formunun varlığıyla ilgili ilk ipuçlarını verdiği yazıyı

yayımlamış aynı canlı mecra, *Journal of Molecular Evolution*'a yol-
ladı. Mojica'nın CRISPR'in bağışıklık savunmasıyla bağlantılı olabi-
leceğini iddia ettiği makalesi burada 2005 yılında yayımlandı.

Bu esnada Hollandalı bir ekibin 2002'de, çeşitli genomlarda CRISPR dizilimlerine bitişik bir şekilde açığa çıkan dört genli tu-
haf bir grubu bulmasıyla başka bir ipucu daha geldi. Bu CRISPR
bağlantılı genler (kısaca *cas* genleri) CRISPR dizilimleri taşımayan
mikrobik genomlarda dikkat çekici bir biçimde eksikti.³⁴⁷ Belli ki
CRISPR'lerle birtakım işlevsel ilişkileri vardı. Yani tesadüfen yanla-
rında bulunan şeyler değildi. Başta bu işlevin ne olabileceğini ne
Hollandalı ekip ne de bir başkası biliyordu. Kısa süre sonra birtakım
kaynaklardan CRISPR ve *cas* genleriyle ilgili ilave içgörülere ulaşıldı
ve CRISPR'daki ara parçaların rehberliğiyle *cas* genlerinin işgalci
DNA'lara saldırıp bunları yok etme işlevini yerine getirdiği netlik
kazandı. Mojica'nın hipotezi ikna edici bir biçimde ispatlanmıştı:
Mikroplardaki CRISPR-*cas* genleri doğal evrimlerinin sonucu, en-
feksiyonlara ve bulaşıcı kalıtsallığa karşı savunma mekanizmalarıdır.
Uyum sağlayıcı bir bağışıklık sisteminin onlara has bir versiyonudur.
Bizim antikorlarımız ve akyuvarlarımız var, onlarınsa CRISPR'leri.
Bakterileri ve arkeleri katil virüslerden koruyorlar ve yatay gen trans-
ferine karşı (bazen yararlı bazen kısıtlayıcı) bir bariyer olarak işlev
oynuyorlar. Mikropların sağlıklarını korumalarına ve kimliklerini
sürdürmelerine yardımcı oluyorlar. YGT bakteriler ve arkeler ara-
sında hâlâ çok yaygın bir şey fakat CRISPR-*cas* genleri onları en
azından bazı transferlere karşı koruyor.

CRISPR'in arka planı işte bu şekilde. Hikâyenin daha parlak ve
bilindik kısmı daha sonra, başka biliminsanlarının memeli genomla-
rını –laboratuvar fareleri, yok olma tehlikesindeki türler, işgalci ha-
şaratlar ve bizlerin genomları– düzenlemek için CRISPR dizilimleri
ile *cas* genlerinin başka amaçlarla kullanılabileceğini gösterdikleri
2012 yılında başladı. CRISPR'i bugüne, geleceğe ve diğer uygulama
sahalarının dışında insanın germ hattını mühendislikten geçirme-
nin açacağı harikulade ve rahatsız edici olasılıklara taşıyan şey bu
girişimdir. CRISPR için Nobel Ödülü verildiğinde, sayılacak isimle-
rin arasında muhtemelen Francisco Mojica'nın, Hollandalı ekibin ve

CRISPR'i sadece bakterilerle arkeler arasında görülen evrimsel bir fenomen olarak ele almış meslektaşlarının adları olmayacaktır. Büyük olasılıkla CRISPR'i insanların kullanacağı bir araca dönüştürmüş biliminsanlarının adlarını işiteceksiniz: Jennifer Doudna, Emmanuelle Charpentier, Feng Zhang ve muhtemelen başkaları. Bu özel Nobel Ödülü'yle kutlanacak parmak ısırtan yeni olasılıklar karşısında, insanlar ya sevinecekler ya da kaygıya kapılacaklar. Fakat Carl Woese hayatta olsaydı, "mühendislik perspektifiyle hareket eden biyoloji" karşısında takındığı güçlü tavrıyla, bu büyük ihtimale alkışlamayacağı bir şey olacaktı.

2004 yılında yazdığı "A New Biology for a New Century" adlı hırçın manifestosunda şöyle yazıyordu:³⁴⁸

Modern toplum biyosferle uyumlu bir şekilde yaşamanın yollarını bir an önce öğrenmek zorunda olduğunu biliyor. Bugün bize bu konuda yardımcı olacak, yolu gösterecek bir biyoloji bilimine her zamankinden çok ihtiyacımız var. Mühendislik yapan bir biyoloji de oraya nasıl ulaşacağımızı söyleyebilir fakat "ora"nın neresi olduğunu bilmez.

Biyolojinin gerçek amacının dünyayı değiştirmek değil onu anlamak olduğunu ilave ediyordu. Ama bir kez daha bu cüretkâr yeni yüzyıl *onun* yüzyılı değildi ve bunun farkındaydı.

Carl Woese'in öldüğünde, kimi onunla yaşadıkları anıları yayınlamış, kimi öykülerini ve görüşlerini sır gibi saklamış çok geniş bir insan yelpazesinde canlı anılar bıraktı. İşimin bir kısmı bu anılardan örnekler toplamak ve parçaları birleştirmek olmuştur. Dört yıl boyunca kendimi, *Citizen Kane* [Yurttaş Kane] filminde, yapımcısı tarafından filmin başkahramanı ve gazete patronu Charles Foster Kane'in eski dostları ve ilişkilerini takip edip kişiliğinin altında yatan esrarı çözmekle görevlendirilmiş haber filmi muhabiri gibi hissettirdim. Kane'i bu denli acımasız bir başarı sahibi ve sürekli ilgi bekleyen bir piç kurusu yapan şey neydi? Son söylediği "Rosebud"* sözcüğünün anlamı neydi? Bu şey –eğer Rosebud bir isimse bu kişi– yaşamı ve kişiliğinin anahtarı mıydı? Yoksa yanlış bir ipucu muydu? Bu adamın yaşamında ve kişiliğinde, başkalarının bulabileceği ve onu bir kapı gibi açabileceği *herhangi bir* anahtar var mıydı? Orson Welles Rosebud aracından iyi yararlanmıştı ve muhtemelen filmindeki

Kane'i (filmi gördüyseniz tabii ama görmediyseniz mutlaka izlemelisiniz) zorlu ve anlaşılmaz bir karakter olarak hatırlarsınız. Büyük olasılıkla haber filmi muhabirini en azından ismiyle hatırlamıyorsunuzdur (önemsiz yanıt: Jerry Thompson) çünkü kendisi sadece bir kaynaktan diğerine seyahat eden ve sorular soran bir elemandır. Thompson'un sırtı her zaman kameraya dönük vaziyettedir. Gölgede ya da ekran dışındadır ve yüzünü asla görmeyiz. Seyirciler için tanıklarla konuşan bir vekilden ibarettir. İşini bu şekilde yapar.

Woese'in Paris'te önemli biyologların katıldığı büyük bir konferansta ve kendi şöhrat patlamasına kavuşmasından yıllar önce maruz kaldığı hakaretlerin öyküsünü Ralph Wolfe'dan dinledim ve size anlattım. Konferansta makalesini sunmuş ama kimse yorum yapmamış ve soru sormamıştı. Ardından hepsi öğle yemeğine çıkmıştı. "Adeta ölümcül bir yaraydı," demişti Wolfe. Woese bir daha asla çalışmalarının göz ardı edilmesine müsaade etmeyeceğine karar vermişti. Bundan dolayı arke keşfini yaptığında, sözü dergide yayımlayacağı makaleye bırakmak yerine basın açıklaması yapmıştı ve bu yaklaşım geri tepmişti. *Times*'ın ön sayfasına çıktı fakat diğer biliminsanları tarafından eleştiriye tutuldu ve sırf bilimsel bir yayını hemen kamuoyuna açtığı için üçüncü âleminin gerçekliğine şüpheyile bakıldı.

Onun Rosebud ânı bu muydu peki? Sanmıyorum. İşittiğim diğer hayal kırıklıkları, utançlar ve kimi kişisel kimi Nobel Ödülü'nü almamak gibi mesleki olarak onu gücendiren şeyler de değildi. Jerry Thompson'la aynı sonuca varıyorum: Bir insanın yaşamını hiçbir kelime, hiçbir yara, hiçbir gazez ve çocukluktan kalma hiçbir yoksunluk açıklayamaz. Birbiriyle etkileşim halinde olan sayısız parça vardır. Karmaşıklık teorisi insan davranışları için, bu tür mekanik yap-boz çözümlerinden çok daha yararlı metaforlar sunmaktadır.

Woese arkasında kişisel bir anı defteri veya günlük bırakmadı. Urbana'daki arşivi bilimsel makaleler, taslaklar ve mesleki yazışmalarla dolu kalın ciltlerden oluşuyor ama şahsi anlamda ona ışık tutan şeyler çok az. Sadece tek bir kitap yayımladı. Kariyerinin erken dönemlerinde yazdığı *The Genetic Code* ne bilimsel faziletleriyle etkili sayılabilecek ne de karakterine ışık tutabilecek bir kitaptı. Derleme makaleleri ve katkıda bulunduğu kitap bölümlerinden bazılarına,

aynı arkeler üzerine yazılmış büyük cilt için yazdığı bölümde olduğu gibi anekdotlar ve ufak retrospeksiyonlar eklemişti. Fakat bu insani ayrıntılar sadece laboratuvarda geçirdiği anlarla ilgiliydi.

Örneğin röntgen filmlerine bakıp arkelerin yaşamın eşsiz bir formunu temsil ettiğini ilk fark ettiği an için şunları yazmıştı: “Biyoloji dışı deneyimimi George’la, emin olmak için şüpheli George Fox’la paylaşmaya koştum. George her zaman şüpheli biriydi. Onu iyi bir bilim insanı yapan işte bu.”³⁴⁹ Arkelerle ilgili ilk makalesini yayımladıktan sonra, Nobel sahibi Salvador Luria’nın Ralph Wolfe’u arayıp, ona kendisini Woese’den ve çatlak biliminden ayırması gerektiğini söylediğinde tepkisi şöyleydi: “Bu Luria denen adam arkadaşını ve meslektaşını nasıl böyle eleştirme cesareti bulabiliyordu? Nasıl bir kaidenin üzerinde dikiliyordu?”

Woese hiç otobiyografi yazmadı. Aile yaşamını çok gizli tuttu. Muhtemelen otoportresini çıkarmaya en çok yaklaştığı an, 1995’te Darwin’e karşı hisleri gerçekten nahoş bir hal almadan önce Norm Pace’e beş sayfalık bir e-postayla attığı ve muhtemelen Pace’in onu Nobel Ödülü’ne aday gösterdiği bir dönemde ricası üzerine kaleme aldığı, eserleri ve taşıdıkları önem hakkında üçüncü şahısla yazdığı, resmî ve gayrişahsi değerlendirmedir. Woese’in Woese üzerine yazdığı bu belge, nasıl sizler ve ben işe başvururken kendimizi öne çıkarıyorsak, o da bilim tarihi içinde taşıdığı konumu ön plana çıkarıyordu. Yazdıklarını gördüm ama şu an alıntılanmaya açık değil. Özet olarak kendisini Leeuwenhoek ve Darwin’in akranı olarak görmekteydi.

Günümüzün seçkin moleküler biyologlarından olan ve yine Colorado’da biyo-teknoloji girişimciliği yapan Larry Gold, Woese’i Schenectady’de ikisinin de GE için çalıştığı eski zamanlardan tanıyordu ve yıllarca yakınlığını sürdürmüştü. Woese General Electric Research Laboratory’de kendisinin de patronlarının da bilmediği sebeplerle alınmış 32 yaşında bir biyofizikçiydi. Gold ise 19 yaşında yazları çalışan bir Yale öğrencisiydi. Gold kendisini farelere kanserojen kimyasalların verildiği ve ardından kanserin önlenmeye çalışıldığı acımasız bir araştırma projesinin içinde bulmuştu. O hasta ve ölen fareler arasında başında birinin olmadığı ve kaybolduğu anlarda

Woese yardımına geliyordu. Birlikte zavallı kemirgenler üzerine çalışmışlar ve çoğunu öldürmüşlerdi. Deneyler Woese'in ilgisini çekmiş miydi acaba?

44 yıl sonra Urbana'da bir bankta otururken Gold bana, "Hayır, sanmıyorum," dedi. "Umursadığını dahi sanmıyorum. Sanırım ilgisini çeken kendisini mutlu eden şeylere zaman harcamaktı." Genç Larry Gold'a kanı kaynamıştı. "Etrafında onu hayat dolu kılacak insanlarla birlikte olmaktan kesinlikle çok hoşlanıyordu." Kakhaha atmayı seviyordu. "Ölçüsüz bir kakhahası vardı. Neredeyse kıkırtıyı andırıyordu." Ciddi konuşmalar da yapıyorlardı. Yahut Woese'in genetik kodlar ve nasıl evrim geçirdiklerinden bahsettiğinde anlattıkları ciddiydi ve Gold onu küçük bir çocuğun Tevrat'tan pasajlar yorumlayan bir hahama kulak vermesi gibi dinliyordu.

Bazı insanlar Woese'i asık suratlı buluyordu fakat Gold farklı bir kişi görmüştü: yalnız, iyi arkadaşlarla olmaya hevesli, bazen gü-rültülü ama her zaman yeni fikirlerle ilgilenen ve zengin ruhlu biri. Gold'un Schenectady'de oranın yerlisi olan bir kız arkadaşı vardı ama onunla gidecekleri hiçbir özel yer yoktu. Woese kaçamak yapmaları için garaj yoluna park etmelerine izin veriyordu. Evinden çıkıp arabada oturan Larry'ye ve kız arkadaşına nazıkçe iyi geceler diyordu. "Çok şanslıydım," diyordu Gold, "ve onunla sonsuza dek arkadaş kaldım."

Gold, Woese'in bir tür ikiye bölünmüş bir beyne sahip olduğunu düşünüyordu. Bir tarafında –formel eğitimden ziyade çoğunlukla kendi kendini yönlendirmeye edindiği– derin bir bilgi birikimi ve amansız sorgulamaları vardı. Gold bana onun biyolog değil, biyofizikçi olduğunu hatırlatıyordu. "Biyoloji hakkında bir şey bilmiyordu. Öldüğü gün biyoloji hakkında bildikleri *benim* bildiklerimden azdı," demişti kendisini küçümseyerek. "Bu söylemesi korkunç bir şey. Fakat gerçekte biyoloji üzerine düşünmüyordu. Üç buçuk milyar yıl önce ne olduğuna kafa yoruyordu. Bu biyoloji değildi." Gold'un kastettiği daha çok, fizik, moleküler evrim ve jeolojinin oluşturduğu bir yahniydi. Kendisini yetiştirmiş dört dörtlük bir kişinin kafa patlattığı RNA dünyası.

Gold'un sözleriyle "öteki parçası", yani ikiye bölünmüş beyninin diğer yarısı, "yaşamayı seven insanların etrafında olma arzusu"ydı. Örneğin Gold, Woese'ın en eski ve en iyi iki dostundan bahsetmişti: motosikletleri ve trapez sanatçısı eşyle Norm Pace ve caz müziğiyle Harry Noller.

Bunun üzerine şimdi Santa Cruz, California Üniversitesi'nde fahri profesörlük yapan ve dünyanın önde gelen ribozom uzmanlarından biri olan Harry Noller'ı görmeye gittim. Arabamla dik virajlı yoldan çıkıp Monterey Körfezi'nin üzerindeki ağaçlık uçuruma, UCSC* kampüs binasının küçük kanyonlar üzerinde ve kızılağaçla okaliptüs ağaçlarının gölgesinde, kolonların üzerinde dikildiği alana gittim. Ve Noller'ı küçük ve hoş ofisinde yakaladım. Siyah bir uzun kollu tişört, kot pantolon ve spor ayakkabı giymişti. Yuvarlak yüzünü ağarmış saçları ve sakalı çevreliyordu. Son derece sakin tavrıyla adeta bir rahip veya kâhin gibi görünüyordu. Fakat kâhinlerin aksine anlaşılabilir değil, güler yüzlü ve açıksözlü biriydi. Raflardan birinde eşyazarlığını yaptığı kusursuz eseri *Ribosomes*'un [Ribozomlar] iki kopyası ve bitmeye yakın bir Laphroaig şişesi vardı.

Woese'la 1970'lerin başında tanışmıştı. Noller o dönemde UCSC'de genç bir yardımcı profesördü ve ribozomlarla ilgili çalışmalarına yeni başlamıştı. Noller'ın ilgilendiği konu derin filogeni değil yapılar ve işlevlerdi, ama ribozomal RNA'ların kısa uzantılarını dizilimden geçirerek Woese'inkine benzer yöntemlerden yararlanıyordu; çünkü bu moleküllerin işleve nasıl katkıda bulunduklarını anlamak istiyordu. Bu esnada zamanını laboratuvar ve saksofon çalarak yaptığı profesyonel caz müzisyenliği arasında ikiye bölmüştü. Duke Ellington Orkestrası oluşturmaya yetecek seviyede müzisyenlerden oluşan çeşitli gruplarla çalışıyordu. Konserde sahneyi vibrafonist Bobby Hutcherson'la paylaşıyordu. Büyük trompetçi Chet Baker'la aynı yerde oturuyordu. Sonrasında bir provanın veya ufak bir sahnenin ardından, hızla laboratuvarına dönüp son elektroforez işleminin çıkardığı sonuçlara bakmaya koşuyordu. Noller ribozomal RNA dizilimleriyle Strazburg'da bulunan bir laboratuvarın yayımla-

dığı dizilimler arasındaki uyumsuzluk karşısında tedirgin olmuştu. USCS'ye yaptığı kısa ziyareti sırasında tanıştığı Woese'ı aradı ve Woese onu verilerinin doğru olduğunu, Fransızların hata yaptığını söyleyerek teskin etti. Hatta şunları söylerken Woese'in sesi öfkeli geliyordu: "Bu dizilimler kutsal yazmalardır. Sadece kastettikleri şeyleri takdir edenlerin ellerine bırakılmalıdır."³⁵⁰

Woese geliştikçe Noller'ın çalışmalarına hayranlık besler oldu ve seminerler vermesi veya sadece takılıp bilimden konuşmak için kendisini birçok defa Urbana'ya davet etti. Bazı makalelerde birlikte çalıştılar. Woese'in evindeki küçük çalışma odasına oturup biraz viski içerler ve caz müzik dinlerlerdi. Woese evdeki piyanosunun başındayken, ara sıra birlikte müzik yaptıkları bile olmuştu.

"Gerçekten iyi bir caz piyanisti miydi?" diye sordum.

"Hımm... inanılmaz derecede değildi," dedi Noller diplomatik bir şekilde. "Bir bakıma piyanoyla oyalanıyordu ve birkaç melodiyi biliyordu..." Uzun ve dikkatli bir duraksama gelmişti. "Usta bir piyanist değildi ama onunla çalmak eğlenceliydi." Woese yetenekli bir çalgıcı olmasa da ciddi bir caz dinleyicisiydi. Art Tatum'a bayılıyordu. Ella Fitzgerald ve Gerry Mulligan'ı seviyordu. Miles adını verdiği siyah bir ev kedisi vardı. Noller'a yazdığı mektuplardan birinde umursamazca şunları söylediği bir not eklemişti: "Milt Jackson Lionel Hampton'u, Quasimoto'nun babası gibi gösteriyor *[bu şekilde yazılmış]*." Woese'ı takdir etmek gerekirse, sınırlarının farkındaydı – Noller'la aynı düzeyde bir müzisyen olmadığını biliyordu– ve bir ziyaretinde Harry'le birlikte çalmaları için profesyonel bir ritm grubu yani piyano, bas ve davul çalacak üç kişi tutarak dostunu şaşırtmıştı. Oturma odasında sahne almışlardı ve Woese bu eğlenceli ânı paylaşmak için başka arkadaşlarını da davet etmişti. Noller bana, "Demek istediğim, konukseverlikten bahsediyorum," demişti.

Woese cömertliğin yanı sıra sadakatini de sunmuştu. Noller'ın Urbana'da misafir olarak verdiği seminerlerden birinde, başka bölümden bir profesör soru cevap kısmında araya girip odayı almaya çalışmıştı. O saat dilimi için odayı ayırttığını iddia ediyordu. Woese'in "yaygaracı, ehemmiyetsiz ve onur kırıcı" dediği bir ihlaldı bu.³⁵¹ Son-

rasında Woese, o adama kısa ve sert bir not yazıp, Profesör Noller’a özür borçlu olduğunu söylemişti. Ardından notun bir kopyasını, üzerine sevdiği lastik mühürle neşeli bir damga çaktıktan sonra Noller’a göndermişti. Bu resmî ve azarlayıcı mektubun üzerine çaprazlamasına şu ifade vurulmuştu: GÖÇEBE BERBERLER ÇETESİ GRUBU KIZ KARDEŞİNİZİ DÖVSÜN.

Sık sık telefonla görüşüyorlardı. E-posta ve fakstan önce, uzun mesafeli görüşmelerin pahalı olduğu dönemlerde bile neredeyse her gün telefon başındaydılar. Noller’ın dediğine göre sonraki yıllarda, “Ondan gecenin yarısında telefon gelirdi. Birkaç viski içtikten sonra beni arar ve konuşur da konuşurdu.” Bunlar ribozomal RNA hakkında yapılan tartışmalardan ziyade evrim ve evren hakkında yapılan, kimi zaman içinde meçhul bildirilerin bulunduğu başıboş konuşmalardı. “Zaman varlığın kalıntısıdır.” “Ribozom sessizce öğretir.” İkinci seviye müzisyenlerden birinin Art Tatum’u dinledikten sonra verdiği şu tepki çok hoşuna gidiyordu: “Duyuyorum ama inanmıyorum.”

Noller’ın laboratuvarındaki ekiple, genç öğrencileri ve post-doktora adaylarıyla ufak bir kutlama yapmak için Santa Cruz’a yaptığı ziyaretlerden birinde, Woese mutfakta çikolata kekleriyle dolu bir табаğa denk gelmişti. Dört-beş tanesini yemişti. Öğrencilerden biri bunu fark etmiş ve bunların o tür keklerden olduğunu bildiğinden telaşla Dr. Noller’ı uyarmıştı. Noller Woese’ı kontrol etmiş, Woese ona endişelenmemesini söylemişti. Nitekim partinin geri kalanında Woese köşesinde zararsız bir şekilde oturmuş, zaman zaman yüzünden akan yaşlarla kahkahalara boğulmuştu. Kimilerinin anlattıklarına göre 1960’larda çok daha güçlü uyuşturucularla oynadığı olmuştuk fakat o akşam çok daha tehlikesiz bir neşe içindeydi. Sabah Noller kahve yaparken, Woese kaşlarını kaldırmış o resmî beyanlarından birini daha yapmıştı: “Geçen gece mizahı keşfettim.”³⁵²

“Karmaşık biriydi,” diye anlatıyordu bana Noller. “Hep bilgeydi. Kendisini her zaman takdir edilmeyen veya *yeterince* takdir edilmeyen, fark edilmeyen bir deha olarak görüyordu.” Ama asla uzun süre aşırı ciddi davranamazdı. “Ağır bir açıklama yaptıktan sonra,” diye hatırlıyordu Noller, “açık saçık bir şeyler söylerdi.” Kötü bir

şaka yapar veya kızdığı, moleküler biyolojinin kurucuları veya Charles Darwin gibi insanlar hakkında acımasız beddualarda bulunurdu.

Woese için yayımlattığı anma yazısının sonunda Noller şunları söylüyordu: “Carl son derece yaratıcı ve hiç taviz vermeyen, tüm çağdaşlarından ayrı bir yerde duran bir biliminsanı ve düşünürdü.”³⁵³ Harry Noller ince zekâlı bir adamdı, içten ama sadıktı. Dahası “ayrı yerde durmanın” iki anlama geldiğini görmek kolaydı. Woese olağanüstü biriydi ve çoğu kişi için sert, mesafeli biriydi.

İşte bundan ötürü Charlie Vossbrinck’in tanıklığını çok ilginç buldum. Vossbrinck’in ismini Gold, Noller, Norm Pace, Nigel Goldenfeld, George Fox ve diğerlerinin toplandığı Carl Woese’ı anma sempozyumunda ve *Science*, *Nature* veya diğer yayınlarda çıkmış ondan övgüyle bahseden anma yazılarında değil, tesadüfen duymuştum. *RNA Biology* dergisi koca bir sayıyı Woese’a ayırdığında, Vossbrinck’in ismi katkı sunanların arasında değildi. Fakat Woese’la tanışmıştı ve 1980’lerde Vossbrinck entomoloji alanında doktora yaparken onunla arkadaş olmuştu çünkü Illinois Üniversitesi’nin Entomoloji Bölümü Woese’in laboratuvarıyla aynı koridordaydı. Morrill Hall’un üçüncü katı yine insanları bir araya getirmişti. Charlie Vossbrinck’i görmek için New Haven’daki Connecticut Zirai Deneyler İstasyonu’na gittim. Orada ofisi yine bir binanın üçüncü katında bulunuyordu ve bu seferki küçük bir odaydı. Duvarları böcek ve örümcek posterleriyle süslenmişti ve küçük plastik kaplardaki çingene güvesi tırtıllarıyla masası darmadağındı. Çingene güvesi ekonomik açıdan önemli bir haşeredir. Bazen meşelerden ve başka ağaçlardan oluşan koca koca ormanların yapraklarını kurutur. Kaplara konmuş olan bu larvalar araştırma amaçlı yetiştirilmişlerdi.

Vossbrinck Long Island aksanı, seyrekleşen saçları, kırılmış kirli sakallarının kapladığı çenesiyle iriyarı, açık yürekli ve dağ gibi bir adamdı. Sır verircesine 63 yaşında olduğunu ve kendi tırtıllarını yetiştirmemesi gerektiğini, çünkü patronlarının çalışmalarını takdir etmediğini ve onu terfi ettirmeyi reddettiklerini söyledi. Umursamıyordu. Tırtılları olmasa da hayal kırıklıklarını bir kenara attı ve bir saat boyunca arkadaş Carl’ı sevgiyle yâd etmeye başladı.

Vossbrinck Woese'in moleküler filogeni ile RNA katalogları üzerine yaptığı çalışmaları işittiği ve bu tekniğin böceklerle taşıdıkları parazitlere nasıl uyarlanabileceğini merak ettiği için tanışmışlardı. Ayrıca işe ihtiyacı vardı çünkü züğürt bir lisansüstü öğrencisiydi ve öğretim asistanlığının süresi bitmişti. "Dolayısıyla oraya gidip Carl'la konuştum ve Carl'ın müstehcen bir mizah anlayışı vardı. Bundan haberiniz var mı bilmiyorum." Vossbrinck burada tekrar etmeyeceğim açık saçık bir şaka anlatmış ve Woese çok gülmüştü. "Yani iyi anlaşmıştık." Woese onu bir projeye almıştı ve arkadaş olmuşlardı.

Bir cuma günü ikinci vakti, bira içmek için Treno's adlı bir mekâna veya hemen yanında yer alan, Woese'in sevdiği kaçamak noktalarından İtalyan restoranı Timpone'a gitmek için Goodwin Caddesi'nden geçiyorlardı. Biralardan sonra yarı sarhoş bir halde film izlemeye gidebilirlerdi: Cheech ile Chong* veya biraz sıra dışı bir bilimkurgu filmiydi. Woese'in çok da meçhul olmayan şiarlarından biri de şuydu: "Bira zihni açar." Ayrıca evrim ve başka şeyler hakkında ciddi konuşmalar yapmışlardı. Vossbrinck Woese'in "büyük yanıt"ı bulmak için duyduğu derin açlığı görmüştü. Ayrıca Woese'in egosuna da şahit olmuştu. Vossbrinck'in kendisi "bir bakıma egosunu yatıştıran biri"ne dönüşmüştü. Charlie Woese'in uzun süre tatsız ve sıkıcı birine dönüşmesine izin vermiyordu.

"Bir gün arka bahçesindeydik. Çünkü öğrencileri barbekü ve benzeri şeyler için davet ederdi ve sarhoş olurduk. Sonra ayağa kalkıp bildiğiniz gibi bir şeyler ilan etmeye başladılar," diye anlatıyordu bana Vossbrinck. "Ve onu ilk tutup çalılara attığım an..."

"Carl Woese'ı çalılara mı attın?"

"Evet. Eşi ve çocukları, 'Vay canına, Carl'ı çalılara atıyor,' demişlerdi. Carl da, 'Hayır, benim çalılarım olmaz! Komşunun çalıları!' demişti."

İçi bira ve keyifle dolmuş Woese, belli ki güvenliği veya saygın-

1970'lerde başlayıp 1980'lerin ortasına kadar devam eden *stand-up*'ları, filmleri ve karşı kültür hareketleriyle geniş izleyici kitlesine ulaşan komedi ikilisi. (Y.N.)

lığından çok çalılardan yapılma çitini düşünüyordu. Eşi Gay, açıkça sessiz ve uysal bir kadın olarak nadiren konuşurdu. Hatta Woese'la ilgili bilindik öykülerin çoğunda figüran kalırdı fakat bu öyküde bağırıp çağırmasına izin verilmişti. "Her neyse, onu çalılara fırlattım," dedi Vossbrinck. Dostlukları daha da gelişmişti.

Ara sıra kendi şampanyalarını mayaladıkları olurdu. Yerel bir çiftlikten elma şırası alıyorlardı. Woese de Mikrobiyoloji Bölümü'nden biraz şampanya mayası alıyor ve fokurdاتیyorlardı. "İki haftanın sonunda bildiğiniz sidik sarısına dönüyor ve cuma ikindileri Carl'la birlikte içmeye başlıyorduk." İçtikçe evde yaptıkları karışım gözlerine daha güzel görünüyordu. Woese şu minvalde şeyler söylüyordu: "O insanlar, o şarap eksperleri buna burun kıvrırırlar. Halbuki gerçekten iyi malzeme." Bu mutlu sarhoşluk halleri için bir terim de uydurmuşlardı: Sersemlemek. Vossbrinck, "Haydi sersemleyelim Carl," derdi ve öyle de yaparlardı.

Woese cömertti. Arkadaşı Charlie'ye ihtiyacı olduğunda nakit para verdiği olurdu ve diğer insanlara karşı özenliydi. O dönemde laboratuvarında Çinli bir öğrencisi vardı. Mao ceketi giyen genç, mütevazı bir insandı. Bu kişi mitokondrilerin kökeni üzerine yazılmış 1985 tarihli makalenin ilk yazarı olacak doktora adayı Decheng Yang'dı. Yang'ın hiç parasının olmadığını fark edince, Woese ona tai-chi öğretmesi için ekstra para vermişti. Ayarlamada tuhaf olan şey Yang'ın da tai-chi bilmemesiydi. Öğretmek için öğrenmek zorunda kalmıştı. Fakat işte orada, Morrill Hall'un dışındaki avluda dikiliyorlardı: ufak tefek, ak saçlı bir profesör; iri, nazik koca bir adam; Woese'in laboratuvarından başka kişiler ve sınıftan bir ders ileride olmak için çabalayan Çinli bir öğrenci.

Vossbrinck onun hırslı ve rekabetçi tarafını da görmüştü. Her yıl Ulusal Bilimler Akademisi'nin yeni seçilmiş üyeleri duyurulduğunda ve Carl Woese'in adı okunmadığında, Woese şöyle diyordu: "Dostlarım beni yüzüstü bırakıyor." Bir yıl artık çok geç olduğuna karar verdi. Vossbrinck, sorarlarsa, "Onları geri çevireceğim," dediğini hatırlıyordu. Ertesi yıl Vossbrinck seçildiğini işitti.

"Onları geri çevirdin, değil mi Carl?" diye takılmıştı.

Woese süklüm püklüm gülümsemişti. “Beni çok iyi tanıyorsun, değil mi?” Orada olduğuna memnundu. Orada olmaya ihtiyacı vardı.

Evet, yeterince takdir edilmediğini düşünüyordu. Ciddi şekilde bilim yapıyordu, üçüncü yaşam formunu keşfetmişti, tartışmalara vesile olmuştu ve Vossbrinck’in Urbana’da geçirdiği günler boyunca “ter akıtmaya” devam etmişti. Kurallara uygun hareket edecek yapıda değildi. Bilimin kariyer inşa edici yanıyla, Vossbrinck’in tabiriyle “step dansı”yla işi yoktu. Bu Woese’a pahalıya mal olmuştu. Tırtıllarının ortasında Vossbrinck’in kendisi de bu bedelin ne olduğunu bir nebze bilen biriydi. Bir de Darwin meselesi vardı. Vossbrinck kendiliğinden şöyle deyiverdi: “Carl’da böyle bir Darwin nefreti vardı.” Açıklaması çok güçlü. Belki egosunun soyut, felsefi yönüyle ilgisi vardı. “Arada bir, ‘Ben Darwin’den daha önemliyim,’ derdi.”

“Böyle bir şeyi başkalarından da işittim,” dedim.

“Ona kendisini çalılara fırlatacağımı söyledim.”

O yıllarda bir gün Vossbrinck güzel, eski tarz ve 4x5 inçlik bir Linhof marka kamera alıp, Woese’dan birkaç portre için poz vermesini istemişti. Evinin ve avlusunun etrafında çekimler yapmışlardı. Vossbrinck bilgisayarından bana bazı seçmeler gösterdi. Woese pazen kumaşlı bir tişört giymiş, bir hol masasının yanına oturuyordu. Masa lambası bile ondan daha rahat duruyordu. Başka bir resim Woese’ı pencere önünde, tiyatral bir belirsizlik ve ışık gölge oyunu içinde resmetmişti. Bir diğerinde Woese dışarıya çıkmış alüminyum katlanır sandalyede gözlerini kısmış oturuyordu. Yumruğuna başını dayamış çocuk gibi poz veren bir Woese vardı başkasında. Nasıl poz verileceğinden anlamıyor gibiydi. Ama sonra karşıma dimdik oturmuş, beyaz saçlı, sakallı, çukura kaçmış gözleriyle alev alev merçeğe bakan, arkasında meşhur çalıların güzelce bulanıklaştığı bir Woese çıktı. Tanrım, diye düşündüm. Bu Woese’ın şimdiye dek gördüğüm en iyi resmi. İşte *bu* oydu. Ama *bu* kimdi?

Woese öldüğünde tartışılan ve bugün de tartışılmaya devam eden en büyük gizemlerden biri ökaryotik hücrenin kökenleridir. Bir başka ifadeyle bir dolu başka canlıyla bizim en derinlerde saklı başlangıç noktalarımızdır. Eğer Woese'ın 1977'de ilan ettiği gibi üç yaşam âlemi varsa ve bu âlemlerden biri tüm hayvanları, tüm bitkileri, tüm mantarları ve çekirdekli tüm mikrobik varlıkları kapsayan ökaryota ise, neticede insanları ve görebildiğimiz diğer yaratıkların tamamını ortaya çıkarmış olan bu soyun temel öyküsü nedir? Ökaryotları bu denli farklı kılan şey neydi? Onları bakteriler ve arkelerin ufak tefek boyutları ve görelî basitliklerinden çıkarıp, çok daha büyük ve karmaşık canlılara dönüştürecek, insanlar ve gezegene yaptığımız büyük beyzbol ligi, beşli ölçü ve Gregoryan ilahileri gibi eşsiz katkıları bir kenara bırakırsak, bunca kıvılcık, mavi balınayı, beyaz gergedanı yaratacak o bambaşka rotaya ne sokmuştu? Bir araya gelip ilk ökaryotik hücreleri yaratan parçalar ve süreçler nelerdi?

Bu denli önemli olan şey her neyse, muhtemelen 1,6 ile 2,1 milyar yıl önce yaşanmıştı. Buradaki aralık –yarım milyar yıl– bilimsel

belirsizliğin mevcut derecesini yansıtmaktadır. Birbirinden sertçe ayrılmış kampların ortaya attığı birkaç hipotez vardır. Kayalarda bulunan ve ilk mikrobik formlara ait bulgular meseleye çok ışık tutmaktadır. Çeşitlilikleri ve kesinlikleriyle çok daha iyi ipuçları genomların dizilim verilerinden elde edilmektedir. Bu ipuçlarından bazıları hâlâ 16S rRNA'dan gelmektedir. Carl Woese'in içgörüsü ve onun adımlarını takip eden 40 yıllık emek sayesinde mümkün olmuştur. Ancak bu verilerin anlamı çeşitli şekillerde yorumlanmaktadır. Bugünlerde uzmanların tamamı endosimbiyozun temel bir rol oynadığında hemfikirdir: Bakterinin biri bir şekilde yakalanmış ve başka bir hücrenin, yani konağın içinde evcilleştirilip mitokondriye dönüşmüştür. İlk ökaryotik hücrelerde ortaya çıkmaları ve çoğalmalarından sonra mitokondriler, daha önce erişilebilen miktarların çok ötesine çıkan, bu yeni hücrelerle onlardan evrilmiş çokhücreli yaratıklar arasında ebatların ve karmaşıklığın artmasını sağlayan muazzam miktarlarda enerji üretmiştir. Artan karmaşıklığın en belirgin özelliği çevrelenmeydi. Özellikle de genetik materyallerin çevrelenmesi. Daha belirgin bir ifadeyle bu, hücrelerdeki çoğu DNA'nın iç organellerden birinde paketlenmesi demekti: Zarla sınırlandırılmış bir çekirdek. Kısaca ökaryotların kökeniyle ilgili gizem üç temel soruyu kapsar. (1) Orijinal konak hücresi neydi? (2) En hayati değişimleri mitokondri edinimi mi tetiklemişti veya başka bir ifadeyle onun sonucunda mı yaşanmıştı? (3) Çekirdek hangi kaynaklardan açığa çıkmıştı? Hepsini birden sormanın daha basit bir yoluysa şöyleydi: Bir şey başka bir şeyin içine girip nasıl karmaşık bir zamazingo oluşturmuştu ve bu şeyler nelerdi?

Bu üç sorudan ilk ikisiyle ilgili bulgular yakın zamanda beklenmedik bir yerden geldi: Atlantik Okyanusu'nun tabanından. Grönland ve Norveç arasında, Loki'nin Kalesi olarak bilinen hidrotermal baca sahasının yakınlarında ve neredeyse 8.000 fit derinliğinden kepçeyle alınmış deniz tortularıyla gelmişti. Loki, İskandinav mitolojisinin şekil değiştiren, şeytani tanrısıdır. Mineralleşmiş bacalar kaleyi andırdığı ve yeri bulmak çok zor olduğu için, Norveçlilerin yönettiği keşif ekibi sahaya bu adı vermişti. Analiz için başka biliminsanlarıyla paylaşılan deniz tortularında, tümüyle yeni bir arke soyunu açığa çıkaran DNA'lar vardı. O güne dek bilinen her şeyden

öyle farklı bir genomdu ki ayrı bir filumu* temsil ediyor gibiydi. (Filum büyük ayrımlardır ve mesela tüm omurgalı hayvanlar tek bir filuma aittir.) Genomun incelenmesine liderlik eden biyolog, Thijs Ettema isimli genç Hollandalı, İsveç'te bir üniversitede çalışıyordu ve derin kaleyle hileci tanrıdan yola çıkarak bu yeni grubun ismini Lokiarchaeota ismini verdi.

Ettema'nın ekibi 2015'te bulgularını yayımladığında bunu bahsetmeye çok değerli kılan şey, Lokiarchaeota genomunun, kendi soyumuzun kökeninde konakçı hücre olması gereken hücreyle neredeyse birebir eşleşiyormuş gibi görünmesiydi. *The Washington Post*'taki başlıklardan birinde şöyle yazıyordu: "Newly Discovered 'Missing Link' Shows How Humans Could Evolve from Single-Celled Organisms" [Yeni Keşfedilen 'Kayıp Halka' İnsanların Tekhücreli Organizmalardan Nasıl Evrildiklerini Gösteriyor].³⁵⁴ Denizin derinlerindeki balığın içinden çekip çıkarılmış olan bu arkeler, iki milyar yıl önce çarpıcı bir kopuşla kendi soylarından ayrılıp ökaryotlara dönüşmüş yaratıkların modern kuzenleri miydi? Belki. Bu kamuoyunun ilgisini çekti.

Ancak Ettema çalışmasını erken evrimin uzman isimleri arasında ihtilaflı hale getiren iki başka mesele vardı. İlk olarak Ettema'nın grubu, Lokiarchaeota gibi hücrelerin mitokondri edinmeden önce karmaşıklaşmaya başladığını gösteren bulgular yayımlamıştı. Önemli proteinler, içsel yapı, bükülüp eğilme ve belki bir bakteriyi yutma becerisi. Şayet böyleyse Büyük Mitokondri Tutulumu yaşamın tarihi içinde gerçekleşmiş en büyük dönüşümün sebebi değil, sonucuydu. Ya da her halükârda art arda yaşanan değişiklikler içinde daha sonra yaşanmış hadiselerden biriydi. Bill Martin gibi belli başlı kişiler buna güçlü bir şekilde karşı çıkıyorlardı.

İkincisi, Ettema'nın ekibi ökaryanın kökenini arkelerin yanına değil içine yerleştirmişti. Bu doğruysa yeniden iki kollu ağaca döndüğümüz anlamına geliyordu. Dahası kolların ikisi de uzun süre bize ait sayıp kıymet verdiğimiz kol değildi. Yani bizim 1977'den önce

hayal dahi edilemeyen ayrı bir yaşam formunun, arkelerin soyundan geldiğimiz anlamına geliyordu. (Bu senaryoda çok karmaşık pürüzler vardır ve bunlardan biri bakteriyel genlerin yatay gen transferiyle, daha kendi soyumuz açığa çıkmadan önce arke atalarımıza geçmesidir. Dolayısıyla evet bakteriler bizimle iç içe geçmiştir. Ama meselenin özü hâlâ aynıdır: Eyvah, *biz* aslında *onlar*ız!) Norm Pace gibi belli kişiler bunu kesinlikle kabul etmiyorlardı. Carl Woese de buna karşı çıkardı fakat Ettema'nın 2015'te *Nature*'da yayımladığı makale karşısında sinirlenecek kadar yaşamamıştı.

Thijs Ettema bu çalışmayı, bir haziran sabahında, Toronto'daki konferans salonlarından birinde, içinde Ford Doolittle'ın, birkaç düzine araştırmacının ve benim bulduğum hoşnut dinleyicilerle dolu bir odada tarif etmişti. Kendisini daha sonra gördüğümde Ford, her zamanki gibi umursamaz ve iğneleyici tavrıyla şöyle demişti: “Sorgulamadan kabul ettim.”

Daha sonra Ettema'yla oturdum. En yeni çalışmalarından lafladık. O günlerde henüz yayımlamamıştı ve aynı çıkarımları daha da ileriye taşıyordu: mitokondrilerin büyük dönüşümde tali konumda olduğu ve insanların atalarının iki kollu yaşam ağacında arkelerle aynı köklerden geldiği. Karşıt fikirlerin ve nasıl sert bir şekilde tartışılacağıнын gayet farkındaydı. Şöyle demişti: “Gerçekten de kendimi esecek rüzgâra hazırlar vaziyetteyim.”

2012 baharının sonlarında Woese'in sağlığı kötüleşmeye başladı. 83 yaşındaydı. Hâlâ her gün Institute for Genomic Biology'deki ofisine gidiyor, büyük sorular sormaya devam ediyor, emekli olmayı düşünmüyordu. Bir mayıs sabahı o dönemde UC-Davis'te* bulunan arkadaşı Harris Lewin'e telefon açtı ve Ulusal Bilimler Akademisi'ne seçildiği için Lewis'i kutladı. Lewin'e 61. şube'deki yani Lewin'in Akademi'ye seçildiği ofisteki "bok tekmeleyenler"e** karşı dikkatli olmasını söyledi.³⁵⁵ 61. şube, Lewin'in zirai biyoloji geçmişine uygun bir şekilde Hayvan, Beslenme ve Uygulamalı Mikrobik Bilimler şubesi-ydi. Woese'in "bok tekmeleyen" tabiriyle inek gübresine bulanmış biliminsanlarına neşeli bir dokundurma mı yaptđı yoksa genel olarak uygulamalı biyolojiye duyduğu çetrefilli hislerini mi yansıttđı belli değildi. Lewin, Woese için yazdđı anma yazısında bu aramadan söyle bahsediyordu: "Ne yazık ki sonraki birkaç ay boyunca Carl'ın

University of California, Davis (California Davis Üniversitesi). (Y.N.)

Shitkickers. Amerikan argosunda  izmelerindeki gübre kalıntısı nedeniyle kovboylara takılan ad. (Y.N.)

fiziksel kuvveti azalmış, zihinsel yetenekleri gerilemiş gibiydi.”³⁵⁶ Lewin mesafeye rağmen elden geldiğince teması korumuştur.

Yaz başında Woese’ın sağlığı iyice kötüleşti. Ailesiyle Martha’nın Üzüm Bağ’ında tatil yaparken geçirdiği bağırsak tıkanıklığı bunlardan biriydi. Ailesi onu Boston’daki Massachusetts General Hospital’a götürdü ve burada yapılan görüntülü taramayla sorunun kaynağı açığa çıkarıldı: pankreas kanseri. Durum kötüydü. Tümör, arterlerinden birini boğucu bir incir gibi sarmıştı. Tıkanıklığı açmak için acilen ameliyata alındı fakat cerrahi müdahale arteryal duvarlara sıkı sıkıya tutunmuş tümörü kesip atamadı. Son altı ayında yaşananlar en iyi, Institute for Genomic Biology’de geçirdiği yıllarda onun hizmetçisi ve arkadaşı olmuş idari asistanı Debbie Piper’ın gözünden görülebilir. Woese’ın dilediği gibi ölmesine yardımcı olmuştu ki ölümü ne “destansı önlemler” arasında ne de Massachusetts’te gerçekleşmişti.

Debbie Piper’ın Woese’la kurduğu bağ boş bir toprak parçasında tesadüfen çıkan çiçekler gibi filizlenip gelişmişti. Woese onu GBE’de işe almamıştı veya eski laboratuvarından getirmemişti. Enstitü 2007’de açıldığında farklı bir işten oraya geçirilmişti ve Nigel Goldenfeld’in yönetimindeki Biyo-karmaşıklık programına atanmıştı. “Bir gün masamda oturuyordum ve ufak tefek, beyaz saçlı bir adam elinde bir çanta dolusu kitapla gelmişti,” diye anlatıyordu bana Piper. “Ben de, ‘Yardıma ihtiyacınız var mı?’ diye sordum. O da, ‘Olur,’ dedi.” Hemen anlaşip yakınlaştılar. “Sanırım ondan bir şey istemediğim için bana güveniyordu.”

Piper benimle Urbana’da, Timphone’s restoranının hemen bir blok aşağısında bulunan kahve dükkânında buluşmuştu. Ellili yaşlarındaydı. Kırışan saçları yüzünden aşağıya dökülüyordu ve yumuşak bir sesi ama sert bir tavrı vardı. “Bir keresinde bana şöyle demişti: ‘Biliyor musun Debbie, seninle aile gibi olduk.’” Ama neredeyse aileden de iyi olduğunu eklemişti çünkü “bizde o karmaşaların hiç-biri yok.”

1970’lerin sonunda *The New York Times* ve diğer yerlerde Warhol’un söylediği o 15 dakikalık şöhretten sonra Woese’ın elde ettiği

üne nasıl tepki verdiğinden ve meslektaşlarının oluşturduğu topluluğun onu reddetmesi ve ters tepki göstermesinin onu nasıl üzdüğünden bahsetti. “O dönemde orada değildim fakat bundan çok konuşturduk.” 30 yıl geçse de Woese’in kırıngınlığı devam ediyordu. “Bu muhteşem keşfi yapmıştı,” diyordu ondan duydukları kadarıyla, “ve insanlar ya önemsememiş ya da gerçek olduğunu düşünmemişlerdi.”

Fakat Debbie Piper’ın edindiği izlenime göre şöhrete kavuşmasını istediği şey kendisi değil çalışmalarıydı. Bilim dünyasında “kişi kültü” dediği şeyden tiksiniyordu (ya da tiksindiğini iddia ediyordu). Darwin bu kütle kutsanıp yüceltilmişti. Woese bunu istemiyordu. En azından kendisini çok iyi tanıyan Piper’ı buna ikna etmişti. Onu daha uzun süredir tanıyan ve bir biliminsanı olarak bilen diğerleriyle hemfikir değildi. Fakat destekleyici ve bağışlayıcı haliyle Piper her şey sona ererken oradaydı. “Çalışmanın kendisi hakkında olmasını istemiyordu,” demişti bana. “Çalışmanın kendi başına ayakta kalması gerektiğini düşünüyordu.” İleriki dönemlerde, Piper’ın vekillik yaptığı yıllarda kampüsü ziyarete gelen başka akademisyenler araştırma sahaları ne olursa olsun, çalışmalarını anlasalar da anlamasalar da meşhur Carl Woese’in kendisiyle tanışmak istiyorlardı. Bazen ona, “Ben dans eden bir ayı değilim,” diyordu. İnsanlarla tanışmak ve hayranlığın tadını çıkarmak istemiyordu. Seyahat etmeyi istemiyordu. “Sadece düşünmek için yalnız başına kalmak istiyordu.” Piper’ın GBE’deki rolü, Goldenfeld’in eksiksiz desteği ve onayıyla Woese’in şahsi asistanlığına doğru evrilmişti. Ne isterse öncelik o oluyordu. Tuhaf olduğunu söylüyordu çünkü başlarda onun kim olduğu, ne yaptığı ve ününün boyutları hakkında hiçbir fikri yoktu.

“Sadece ak saçlı bir adam,” dedim.

“Evet, sadece beyaz saçlı, yalnız kurt gibi takılan bir profesör,” diye onayladı beni. “Tam karşımdaki ofiste.” Birbirlerini tanıdıkça komik biri olduğunu öğrendi. Nazikti. Mahremiyetine önem veriyordu. Şimdiye dek tanıdığı en zeki insandı ama gündelik konulardan bihaber olabiliyordu. Zihni kimsenin bilmediği yerlerde dolaşıp duruyordu. Debbie Piper’ın sahip olduğu en iyi dostlardan biriydi ve onu çok ama çok özlüyordu. Gösterişsiz biri miydi? Evet, gösterişsizdi. Onu böyle nitelendirmişti.

“Hiç gösterişli değildi. Gerçekten de acayip mütevazı biriydi. Ama arada, ‘Mütevazı olacağım çok şeyim var,’ derdi.” Güldü.

Birkaç dakika sonra sohbetin zor kısmına geldik. Woese’a Haziran 2012’nin hemen başlarında kanser teşhisi konmuştu. 3 Temmuz’da acilen ameliyata alındığını hatırlıyordu. “Beni aradı ve oraya gelip gelemeyeceğimi sordu.” 4 Temmuz’da uçakla Boston’a gitti.

Carl Woese'in başlamasına yardımcı olduğu ve benim de bu kitapta genel hatlarını çizmeye çalıştığım kargaşanın temel noktaları arasında mantığa aykırı üç içgörü; yeryüzündeki yaşamın suretleriyle ilgili kategorik düşüncelere meydan okuyan üç şey vardır. Bu kategoriler şunlardır: türler, birey, ağaç.

Türler: Üye listesi sabit kulüpleri andıran, kolektif ama ayrık bir varlık. Şu ve bu türü ayıran çizgiler bulanıklaşmaz.

Birey: Üniter kimliğiyle yine ayrık olan bir organizma. Rufus isimli kahverengi bir köpek vardır, olağanüstü dişleri olan bir fil vardır ve Charles Robert Darwin olarak bilinen bir insan vardır.

Ağaç: Kalıtım her zaman atalardan soya dikey bir şekilde akar. Her zaman dallanıp budaklanır ve asla birleşmez. Yani yaşamın tarihi bir ağaç gibi şekillenir.

Bugün bu kategorilerden üçünün de yanlış olduğunu biliyoruz.

Biyologlar uzun yıllar boyunca, henüz moleküler biyoloji çıkıp meseleleri karmaşık hale getirmeden önce *türleri* nasıl tanımlaya-

caklarını tartışmışlardı. Kavram en azından Linnaeus'a ve daha gevşek formlarıyla Aristoteles'e kadar uzanmaktadır. Yine o! Ancak derin felsefi ve etimolojik tarihini boş verin. 18. yüzyılda Linnaeus'un sınıflandırıcı sisteminde kullandığı şekliyle tür sabitliği ve özü olan bir varlıktı (yaratıklar toplamı olsa da yine de bir yapıydı). Darwin 19. yüzyılda Wallace ve başkalarının yardımıyla bu idealizmi reddedip, türlerin değiştiğine, belli kökenlerden gelip birbirlerinden ayrıldıklarına, birbirinden farklı bireylerden oluştuklarına, belli derecede benzerlik taşıdığına ama köklü bir ortak öze sahip olmadığına insanları ikna etti. 20. yüzyılda *türün* açıklığa kavuşturulmuş bir tanımı, öncesinde neo-Darwin'cilerin kurucu isimlerinden biri olarak bahsettiğim Ernst Mayr tarafından ortaya atıldı. Mayr'ın görüşünün ağırlığı vardı çünkü saygın bir evrimsel kuramcı olmasının dışında biyolojinin tarihiyle ilgili kitaplar yazmıştı. Çoğunlukla kendisini bu menkıbeye saygılı ve üçüncü bir tekil şahıs olarak dahil ediyordu. Mayr'ın 1942'de yaptığı meşhur tanım şöyleydi: "Tür üreme anlamında diğer gruplardan yalıtılmış olan, melezleşen veya melezleşmeleri muhtemel doğal popülasyonlardan oluşmuş gruplardır."³⁵⁷ Artık bu tanımdaki iki problemi görmeye yetecek bilginiz var.

İlk problem şu: Bu tanım, Mayr'ın ima ettiği gibi "melezleşmesi" kesinlikle mümkün olmayan bakteriler ve arkelere uygulanamaz. İkinci sorunsu şudur: Eğer genler sürekli yatay olarak aktarılıyorsa (viral enfeksiyon ve diğer mekanizmalarla) ve dahası bir türün üyeleri bazen başka türün üyeleriyle çiftleşip melez yavrularla yeni soylar yaratıyorsa, "üreme anlamında yalıtılmış olma" nasıl mutlak bir standart olabilir ki? (Sık sık bitkiler arasında ve ara sıra da hayvanlar arasında bu tür hibritleşmeler olur.) Yanıtı: Üremede yalıtılmışlık faydalı ve sezgisel bir standarttır ama mutlak bir standart değildir.

En sevdiğimiz tür olan *Homo sapiens*'i ele alalım. DNA dizilimleri çağında, biliminsanları insan genomunda melezleşme hadiselerine ait bulguların olduğunu görmüşlerdi. *Homo neanderthalensis* yani Neandertal erkeği (ve kadını) 1856'da keşfedilmiş, ismini 1864'te almıştı ve yıllar boyunca ayrı bir tür olarak görülmüştü. Hominid familyası içinde bizimle yakın ilişki içindeydi ama ayrıktı. Bazı uzmanlar şimdi Neandertalleri *Homo sapiens*'in alttürlerinden biri ola-

rak görüyor ve daha uygun bir isimle *Homo sapiens neanderthalensis* olarak adlandırıyorlar. Ancak başkaları *Homo neanderthalensis*'in hâlâ doğru bir isim olduğunu, eksiksiz bir tür olarak ayrı bir grubu temsil ettiğini iddia ediyorlar. Her halükârda 300.000 yıl öncesi ile 600.000 yıl öncesi arasında, belki de çok daha öncesinde, öncü grupların Afrika'dan ayrılıp Avrasya'yı kolonileştirdiği dönemde soyumuz onlarınkinden ayrılmıştır. Bu öncülerden, içlerinde *Homo neanderthalensis*'in olduğu Afrikalı olmayan birkaç tür ortaya çıktı. "Modern insanlar" olarak bilinen soyumuz Afrika'dan ayrı bir göç dalgası gönderdi ve Avrupa'yı yeniden kolonileştirdi. Ama bu seferki çok daha sonra, yaklaşık 5.000 yıl önce gerçekleşmişti. Ardından şu veya bu sebepten ötürü Neandertaller yok olup gittiler.

Paleoantropologlar uzun zamandır atalarımızın Neandertalleri doğrudan saldırarak öldürüp öldürmediği, rekabete girerek onları yok olmaya zorlayıp zorlamadıkları veya melezleşerek bir noktaya kadar onları özümseyip özümsemedikleri üzerine kafa yormaktadırlar. Fakat kesin bir kanıt bulunamamıştır. Bugün, içinde İsveçli biyolog Svante Pääbo'nun da bulunduğu bir ekibin Neandertal DNA'sını kurtarıp dizilimini çıkardığı günden bu yana analizler, Neandertaller ve modern insanlar arasında melez eşleşmelerin yaşandığına işaret etmektedir. İnsan genomu, özellikle soyları bu melez eşleşmelerden türeyen ve Afrikalı olmayan insanlar arasında bulunan genomlar bugün yaklaşık yüzde 1-3 arasında Neandertal DNA'sı taşımaktadır.

Dahası genomlarımızda sadece Neandertaller yoktur. İnsan soyunun şempanze soyundan ayrılması yedi milyon veya on milyon, belki de 13 milyon yıl önce gerçekleşmiştir. Kimse net bir şekilde zamanını bilmemektedir. Fakat yakın zamanlı genom analizlerine göre, büyük ayırmadan epeyce sonra insansıların atalarıyla şempanzelerin ataları tekrar bir araya gelip melez birleşmelere girmiştir ve bu melezleşme genomlarımızın belli parçalarında gerçek şempanze genleri (yani sadece insanlardaki yakın muadilleri değil) bırakmıştır. Aslına bakılırsa kesin ayrıma net bir tarih verilememesi, yaşandığı mandallanma aşamalarından kaynaklı olabilir. Neticede genomlarımızın bazı parçaları bugün bile insandan çok şempanzelerinmiş gibi görünmektedir. Bu bilgi, *Homo sapiens*'in aşamalı evrimsel süreçlerin sonu-

cunda ortaya çıkan fakat bugün zaman ve mekânda tek başına ayakta duran ayrık bir varlık olduğuna duyduğumuz gururlu ve kategorik güveni bulanıklaştırma eğilimindedir. O kadar ayrık olmadığımız gibi tek başına da değiliz. Svente Pääbo genomumuzun bir mozaik olduğunu söylemektedir. Öncesinde belirttiğim gibi genom biliminde bu metaforu ilk kullanan kendisi değildi ama bize uyarlandığında benliğimiz için son derece güçlü bir meydan okuma taşıyordu.

Elbette şempanze genlerinin veya Neandertal genlerinin varlığı meselenin yarısı dahi değildir. Ayrıca şu viral DNA'lar vardır. Buna insanların hamile kalmasını mümkün kılacak şekilde değişimden geçmiş retrovirüslerden alınan *sinsitin-2* de dahildir. Endojen retrovirüslerin insan genomunun yüzde 8'ini oluşturması kuşkusuz bir primat türü olarak *Homo sapiens*'le ilgili algımızı karmaşıktırmaktadır.

İnsanın bireyselliğiyle ilgili algımızı ise çok daha karmaşık hale getirmektedir. Hepimizin sağlığını, sindirimimiz ve başka fizyolojik özelliklerimiz için zorunlu bir unsur olarak binlerce farklı bakteri “tür”ünü temsil eden trilyonlarca bakteri hücrelerini taşıyor oluşumuz da aynı şeye yol açmaktadır. İnsana has hücrelerimizin her birinde yakalanmış bakterilerin olduğunu, uzun zaman önce mitokondrilere dönüştüğünü ve onlar olmadan hayatta kalamayacağımızı bilmek de.

Biyologlar ve bilim felsefecileri, “birey” kavramını biyolojik terimlerle açıklayıp netleştirmek için uzun yıllar boyunca mücadele ettiler ve hâlâ da çabalamaya devam ediyorlar. Bazıları böyle bir tanım yapmanın elzem olduğunu iddia etmiştir çünkü doğal seçimle evrimleşmenin mantığı –Darwin’in temel ilkesi– bireylerin sağ kalması ve üremesindeki farklılaşmalara bağlıdır. Şayet böyleyse, birey *nedir*? Tekil bir bakteri birey midir? Carl Woese ve Nigel Goldenfeld 2007’de yazdıkları “Biology’s Next Revolution” başlıklı makalelerinde bu soruyu alaycı bir üslupla irdemişlerdi. Dünyadaki bütün bakterilerin tek bir “süperorganizma” oluşturduklarını, birbiriyle bağlantılı tekil bir genetik varlık olduklarını iddia etmiş Romanyalı Sorin Sonea bu soruya olumsuz cevap verecek, tek tek bakterilerin birey olarak ele alınamayacağını söyleyecektir. Kendi

başına yeniden üreyemeyen, yaşamını kraliçe karıncanın üreme çıktısını azamiye çıkarmak için sürdüren bir işçi karınca birey midir? Yoksa karınca kolonisinin kendisi mi bireydir? Başka bir “süperorganizma” mıdır?

Ya okyanus tabanında iğneli dokunaçları olan hava kesesi gibi yüzen ve denizanasının özgün akrabalarından fizalya denizanasına ne demeli? Birey midir? Öyle görünür fakat bu şeyleri inceleyen biyologlar bize fizalya denizanasının birey olmadığını söylerler. O da aynı bir karınca tepesi veya termit topluluğu gibi, tekil yaratıkların oluşturduğu (bu örnekte zooit olarak bilinen küçük çokhücreli formlardır), ortak amaçla bir araya gelmiş ve içindeki bireylerin ayrı ayrı uzmanlaşmış işlevler oynadığı bir kolonidir. Hücreli cıvık mantar olarak bilinen, yaşamının bir aşamasında bahçelerdeki sümüksüklükler gibi görünüp hareket eden ama başka bir aşamada tek tek amiplerin incelikle oluşturduğu bir ekip gibi kendisini ifşa eden tuhaf şey için de aynısı söylenebilir. Gıda kaynakları kıt olduğunda, amipler daha iyi bir yaşam alanına sürünmek için birleşip böceğe dönüşecek şekilde kümelenirler, üzerinde meyveye benzer bir yapının durduğu bir sap yükselir ve bu yapı açıldığında etrafa sporlar saçılır. Sporlar gıda partiküllerinin (bakteriler) erişilebilir olduğu alanlara inerse, yeni bir amip olarak uyanırlar.

Korulardaki titrek kavak ağaçları da böyledir. Münferit canlılar gibi görünebilirler ama titrek kavaklar aslında yer altında hepsi bir-biriyle bağlantılı, aynı genoma sahip olan, bazen geniş alanlarda yüzlerce ağacı içine alan köklerden klonlar halinde fırlayarak açığa çıkan canlılardır. Korunun kendisi bireydir. Bir değerlendirmeye göre yeryüzündeki en büyük organizma, Utah’daki Fishlake Milli Ormanı’nda yüz dönümden fazla araziye yayılmış olan ve binlerce ağaçtan oluşan tek bir kavak ağacı klonu olabilir.

Bu ve başka örnekler, bilim felsefecilerinin bilimsel makalelerinde karşı karşıya geldikleri şeyleri gözler önüne sermektedir: “Birey”in anlamını tanımlamak vakalara tek tek bakıldığı durumlar haricinde çok güçtür ve bu durumda bile kolay sayılmaz. Mercanlar muğlak olabilmektedirler. Likenler de muğlak olabilir. Rahatsız edici moleküler gerçekler göz önünde tutulmadığı sürece, köpek yavrula-

rının, baykuşların ve insanların birey olduğunu herkes kabul eder. Bizler Pääbo'nun belirttiği gibi birer mozaikiz ve Bill Martin'in söylediği gibi birey değiliz.

Meydan okunan üçüncü bir kategori daha bulunmaktadır: Yaşam ağacı. Burada, aslında neden meşeye benzemediğini açıklayan sebepleri okudunuz. Neden karakavaklara benzemediğini. Korulardaki titrek kavaklar bile uygun bir metafor sayılmaz çünkü yer altında birbiriyle bağlantılı olsalar da yukarıda yeniden birbirleriyle birleşmezler. Kökleri bir ağ meydana getirir ama kollarıyla dalları ayrılıp birbirlerinden uzaklaşacak şekilde büyürler. Kendilerine yapraklarıyla ışığı toplayabilecekleri açık alanlar ararlar. Yabani hayatta birleşmezler, iç içe geçmezler. John Krubsack'ın aşıladığı akçaağaçlar veya Axel Erlandson'un aşıladığı firavununcirleri gibi olmazlar. Yaşam ağacı gerçek bir kategori değildir çünkü yaşamın tarihi ağacı andırmamaktadır.

Carl Woese bunu biliyordu ama bunu söylemek en büyük önceliklerinden biri değildi. Küçük dallarla değil büyük kollarla ilgileniyordu. Ve geçmiş dört milyar yıla baktığında büyük kollardan üç tane vardı: Bakteriler, ökaryalar, arkeler. Bu üçü, bildiğimiz şekliyle tüm yaşamın ortak atası olan son evrensel canlıdan türeyip gelmişlerdi. Yeryüzündeki yaşam, tek bir ortak genetik kodu taşıyan yaşam, RNA dünyasıyla başlamış, ardından hücreleri meydana getirmiş ve Darwin'ci Eşik'i geçip çok karmaşık hale gelmiş yaşam. Bana göre Carl Woese'in kariyerindeki ironilerden biri, karmaşıklıkla ve nasıl açığa çıktığıyla sağlam bir şekilde ilgilenmesine rağmen –Nigel Goldenfeld'le işbirliği içindeyken karmaşıklık teorisine ve yaşamının ileri dönemlerinde açığa çıkan özelliklere adeta abayı yakmıştı– basitlik karşısında da derin bir hayranlık beslemesiydi. İçinden geri kalan her şeyin çıktığı üç yaşam âlemi vardı: Alın size basitlik. Onun kutsal üçlemesi. Neredeyse dinsel bir yanı vardır.

Woese birçok başka biliminsanı gibi ateist değil, Tanrı'ya inanan biriydi. "Bir ilaha inandığını söylemişti," diye anlatmıştı bana Debbie Piper. Kendisi ateistti. Dolayısıyla ölüm döşegindeyken Charles Darwin'in Anglikanizme döndüğünü uydurmuş sofu yalancılar gibi Woese'ın inançlarını romantikleştirmesi için herhangi bir sebebi

yoktu. Woese ölüm döşeğindeyken örgütlü dine hiç yönelmemişti. Muğlak olsa da sabitti. Bir ilah vardı. Bazen attığı e-postalarda Piper'a şöyle derdi: "İnanmadığın Tanrı seni kutsasın." Bana bunları anlatırken, aralarında tatlı bir şakadan bahseder gibi kahkaha atmıştı.

4 Temmuz 2012'de Boston'a gelen Piper, onu sadece tıbbi açıdan değil, zihinsel açıdan da kötü bir durumda buldu. Massachusetts General Hospital'a ailesiyle çevrili bir halde çakılıp kalmıştı. Tedavisinden memnun değildi. Çıkmak istiyordu. "Ona Haldol veriyorlardı ve onu delirtiyordu," demişti Piper. Haloperidol ismiyle anılan bir ilacın ticari ismi olan Haldol, şizofreni, hezeyan, psikoz ve diğer ajitasyon formlarını tedavi etmek için kullanılan antipsikotik bir ilaçtır. Woese psikoza mı yakalanmıştı? Hayır. Peki, ajitasyon içinde miydi? Evet, öyleydi. Kolundaki IV tüpünü çekip koparmıştı. Eşi ve iki çocuğu endişeli ama dikkatliydi. Tıbbi otoritelere ayak diremeye istekli değildiler. Piper üzerinde böyle bir kısıtlama hissetmiyordu. Sorumlu görünen doktorlara, "Ona niye Haldol veriyorsunuz?" diye sormuştu.

"Şey, üzgün olduğu için."

"Ona Haldol verdiğiniz için üzgün. Zihninin berrak olmasını istiyor."

Bana Woese'in dumanlı zihinden nefret ettiğini söylemişti. Düşünebilmek istiyordu. Onun için düşünme becerisini kaybetmekten daha kötü hiçbir şey (hiçbir tıbbi kader, hiçbir acı dalgası) yoktu. Bu onun yaşamıydı. Doktorlar bunun üzerine Haldol vermeyi kestiler. Sonrasında Woese geçirdiği ağır ameliyata rağmen Tylenol bile almayı reddetmişti. Birkaç gün önce karnını açıp bağırsaklarını yeniden düzenlemişlerdi. Fakat konfordan çok zihninin berrak olmasını istiyordu.

Piper bana şöyle anlatıyordu: "Her şeyi yoluna koyduktan sonra bana onurlu şekilde ölmesine yardım edip edemeyeceğimi sordu." Biraz durdu. "Yardım ettim."

Doktorlar üç hafta hastanede yatmasını tavsiye ediyorlardı. Woese yatmak istemiyordu. Kemoterapiyi reddetti. Piper 16.000 dolara mal olan kiralık bir sıhhiye uçağına binmesine yardım etti ve

onu Urbana'ya geri getirdi. "Onu evine taşıdılar" diye anlatıyordu. Nihayet evindeydi.

Evdeydi ama henüz işi bitmemişti. İnsanlar onu görmek ve sesi-
ni duymak istiyorlardı. Bu iyi dileğe gelenlerin, kampüs erkanının ve
enerjisiyle mahremiyetinin son damlaları üzerinde hayati iddiası ol-
mayacak diğer kişilerin geri çevrilmesinde Piper ona yardımcı olu-
yordu. Eşi, oğlu ve kızıyla ilişkileri zayıflamış olmasına rağmen şim-
di onları yanında istiyordu. Ayrıca birkaç başka kişiyi de. Piper bazen
yiyebildiği yemekler getiriyordu. Larry Gold ziyaretine gelmişti.
Nigel Goldenfeld yardımcı olmuştu. Ağustosta Woese tarihe geç-
mesi için bir dizi röportajının videoya çekilmesine razı oldu. Bu
amaçla Sapp kente geldi. Norman Pace de gelmişti. Woese ağırlıklı
Sapp ve Goldenfeld'in sorduğu ihtiyatlı sorulara elden geldiğince ya-
nıtlar verip, çalışmaları, keşifleri ve çağının bilimiyle ilgili düşünce-
lerini aktardı.

Bu kayıtlar IGB'de arşivlenecekti. (IGB de ileride isim değiştirecek, Carl R. Woese Institute for Genomic Biology olacaktı.) Sol-
gun ve rahatsızlığını belli eder bir şekilde, kitap rafları ve sarmaşık
bitkilerinin önüne oturmuş, iki güne yayılmış altı saati aşkın bir süre
boyunca kameralara konuşmuştu. Olayları ve isimleri hatırlamakta,
fikirleri ifade etmekte güçlük çekiyordu. Yapamadığında öfkeye ka-
pılıyordu ve odaklanmış bir yanıt veremediğinde sık sık "Kesin,"
veya "Durun," diyordu.³⁵⁸ Kameraman kesmiyordu. Woese bundan
habersiz gibiydi ya da umursamıyormuş gibi davranıyordu ve bir an
durup yeniden başlıyordu. Hâlâ söylenmesi gereken çok şey vardı.
Ama artık çok geçti. Uzun aralar veriyordu. Kendi ölümlülüğüne
göz kırpıyordu. Bir noktada şöyle demişti: "Hafızam bana çok ama
çok kötü hizmet ediyor." Bu esnada kamera hepsini kaydediyordu.
Aylar sonra anma töreni yapılırken, birisi çıkıp etkinliğe sesini ve
görüntüsünü dahil etmek için bu videolardan bazılarının oynatılma-
sı fikrini ortaya atmıştı.

Sohbetimiz esnasında Debbie Piper bu fikre verdiği tepkiyi şöy-
le aktarıyordu: "Ah, lütfen yapmayın. Çünkü sesi ve görüntüsü hasta
yaşlı bir adamınki gibi."

Ancak bu hasta yaşı adamın içinde başka gerçekliklerden oluşan koca bir çeşitlilik vardı. Bazıları doğrudan kendini gösterirken bazıları dolambaçlı bir şekilde yanlardan belirliyordu.

NOTLAR

GİRİŞ: ÜÇ SÜRPRİZ

- 1 *The New York Times*, 3 Kasım 1977.

1. DARWIN'IN KÜÇÜK ESKİZİ

- 2 Alıntılanan yer: Browne (1995), 84.
- 3 Barrett (1987), 171-76.
- 4 Agy., 176.
- 5 Agy., 176-77.
- 6 Archibald (2014), 2, bu benî Aristoteles'in pasajına yöneltti.
- 7 Pietsch (2012), 4-6.
- 8 Archibald (2014), şema 1.4.
- 9 Lane (2015), 4.
- 10 Stevens (1983), 206.
- 11 Agy., 203.
- 12 Agy., 205.
- 13 Agy., 206.
- 14 Mayr (1982), 152.
- 15 Stevens (1983), 205.
- 16 Agy., 206.
- 17 Lawrence (1972), 21, 23.
- 18 Packard (1901), 37.
- 19 Agy., 56-57.
- 20 Mayr (1982), 354.
- 21 Pietsch (2012), 36-37.
- 22 Agy., 81.
- 23 Hitchcock (1863), 282.
- 24 Agy., 284.
- 25 Lawrence (1972), 21.
- 26 Agy., 24.
- 27 Agy., 25.
- 28 Agy., 29.
- 29 Archibald (2009), 573.
- 30 Agy., 575.
- 31 Darwin (1958), 120.
- 32 Barrett (1987), 375.
- 33 Agy., 375-76.
- 34 Agy., 399.
- 35 Agy., 397-99, 409.

- 36 Darwin (1859), 459.
- 37 Agy., 128.
- 38 Agy., 129.
- 39 Agy., 129-30.
- 40 Archibald (2009), 575-76.

2. AYRI BİR YAŞAM FORMU

- 41 Watson ve Crick (1953), 737.
- 42 Ridley (2006), 86, David Blow'dan alıntı yapılmıştır.
- 43 Judson (1979), 333.
- 44 Ridley (2006), 104.
- 45 Crick (1958), 142.
- 46 Agy.
- 47 Zuckerkandl ve Pauling (1965a), 97.
- 48 Morgan (1998), 161-62.
- 49 Agy., 172.
- 50 Zuckerkandl ve Pauling (1965a), 148.
- 51 Morgan (1998), 155.
- 52 Agy., 155-56.
- 53 Zuckerkandl ve Pauling (1965a), 101.
- 54 Woese (1965a), 1546.
- 55 Woese (2007), 2.
- 56 Sapp (2009), 156.
- 57 Woese (2007), 2.
- 58 Woese'dan Crick'e, 24 Haziran 1969. Woese Arşivleri, Illinois Üniversitesi, Champaign-Urbana.
- 59 Agy.
- 60 Agy.
- 61 Agy.
- 62 Agy.
- 63 Agy.
- 64 Crick (1958), 147.
- 65 Woese'dan Crick'e, 24 Haziran 1969.
- 66 Agy.
- 67 Agy.
- 68 Morgan (1998), 161, n. 34.
- 69 Browntree (2014), 132.
- 70 "Frederick Sanger: Sequencing Insulin," Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Frederick_Sanger#Sequencing_insulin.
- 71 Woese (2007), 1.
- 72 Agy.
- 73 Luehrsén (2014), 217.
- 74 Agy., 218.
- 75 Agy.
- 76 Agy.

- 77 Bulloch (1938), 192.
- 78 Agy.
- 79 Breed (1928), 143.
- 80 Stanier ve van Niel (1962), 17.
- 81 Stanier vd. (1963), 85.
- 82 Stanier ve van Niel (1962), 17.
- 83 Agy.
- 84 Sapp (2005), 295.
- 85 Woese (2007), 3.
- 86 Agy.
- 87 Agy., 6.
- 88 Agy.
- 89 Agy., 7.
- 90 Agy., 4.
- 91 Sapp (2009), 166.
- 92 George Fox, "Remembering Carl", "Carl R. Woese Guest Book" (ölümünden sonraki anılar), Carl R. Woese Institute for Genomic Biology çevrimiçi, son değiştirme tarihi 13 Ocak 2013, www.igb.illinois.edu/woese-guest-book.
- 93 Woese (2007), 4.
- 94 George Fox'tan Jan Sapp'a, 24 Ocak 2005, alıntılanan yer Sapp (2009), 167.
- 95 Wanger vd. (2008), 325.
- 96 Wolfe (1991), 13.
- 97 Woese (2007), 4.
- 98 Agy.
- 99 Agy.
- 100 Zuckerkandl ve Pauling (1965a), 101.
- 101 Balch vd. (1977), 305.
- 102 Agy.
- 103 Fox vd. (1977), 4537.
- 104 Woese ve Fox (1977a), 5089.
- 105 *The Washington Post*, 3 Kasım 1977.
- 106 Woese (1970).
- 107 *The New York Times*, 3 Kasım 1977, 1.
- 108 Wolfe (2006), 3.
- 109 Agy.
- 110 Woese (2007), 5.
- 111 Agy., 6.
- 112 Agy., 5.
- 113 Sapp (2009), 210.
- 114 Woese (1982), yer aldığı eser: Kandler, yay. haz. (1982), 2.
- 115 Agy.
- 116 Agy.
- 117 Wolfe (2006), 7.

3. BİRLEŞMELER VE SATIN ALMALAR

- 118 Margulis (1998), 29.
- 119 Sagan (1967).
- 120 Agy., alıntı yapılan Stanier vd. (1963), 85.
- 121 Agy., 226.
- 122 Alıntılanan sözler Lake'in yazdığı (2011) anma yazısından alınmıştır ama Margulis'in kendisi eserinde benzer ve eksiksiz bir değerlendirme sunmaktadır: Margulis (1998), 15-16.
- 123 Margulis (1998), 16.
- 124 Eric Goldscheider, "Evolution Revolution," *On Wisconsin* 110, No. 3 (Güz 2009): 46, <https://onwisconsin.uwalumni.com/features/evolution-revolution/6>.
- 125 Risve Plaut (1962), 390.
- 126 Alıntılanan yer Keller (1986), 47.
- 127 Margulis (1998), 26-27.
- 128 Wilson (1925), 738-39.
- 129 Goldscheider, "Evolution Revolution", 46.
- 130 Poundstone (1999), 47.
- 131 Agy., 70.
- 132 Margulis (1998), 29.
- 133 Agy., 29-30.
- 134 Agy., 30.
- 135 Sapp vd. (2002), 416.
- 136 Merezhkowsky (1920), alıntılanan eser: Agy., 425.
- 137 Alıntılanan yer Agy., 419.
- 138 Alıntılanan yer Agy.
- 139 Martin (1999) Merezhkowsky'nin tercümesi (1905), 288.
- 140 Agy., 289.
- 141 Agy., 292.
- 142 Agy.
- 143 Agy., 292-93.
- 144 Sapp vd. (2002), 432.
- 145 Alıntılanan yer Khakhina (1992), 48.
- 146 Sapp vd. (2002), 435.
- 147 Wallin (1923b), 68, 71.
- 148 Wallin (1927), 146-47.
- 149 Agy., 147.
- 150 Eliot (1971), 138.
- 151 Gatenby (1928), 165.
- 152 Lange (1966), alıntılanan yer Margulis (1970), 45.
- 153 Margulis (1986), 16.
- 154 Agy., 67.
- 155 Bonen ve Doolittle (1975), 2314.
- 156 Tam dizilim burada bulunmaktadır: Carbon vd. (1978), 155, Şekil 2.
- 157 Gray ve Doolittle (1982).
- 158 Yang vd. (1985).
- 159 "College and University Professors Question the 9/11 Commission Report", <http://patriotsquestion911.com/professors.html>.

- 160 "Butterfly Paper Bust-up," *Nature* çevrimiçi, son erişim tarihi 24 Aralık 2009, www.nature.com/news/2009/091224/full/news.2009.1162.html.
- 161 Mann (1991), manşet.
- 162 Alıntılanan yer Martin Weil, "Lynn Margulis, Leading Evolutionary Biologist, Dies at 73", *The Washington Post*, 26 Kasım 2011.
- 163 Margulis ve Sagan (2002), 12.
- 164 Agy., 13.
- 165 Dick Teresi (2011), "Discover Interview: Lynn Margulis Says She's Not Controversial, She's Right", *Discover*, Nisan 2011.
- 166 Alıntılanan yer Mann (1991), 4.
- 167 John Brockman, *Third Culture: Beyond the Scientific Revolution*, New York, Touchstone, 1996, 129.
- 168 O Sapp'a, Sapp da bana anlattı: Röportaj, 6 Temmuz 2015.
- 169 Woese vd. (1990).
- 170 Carl Woese'dan Chicago'daki Dekan Nicholas'a, 14 Ocak 1991, Woese Arşivleri, Illinois Üniversitesi, Champaign-Urbana.

4. BÜYÜK AĞAÇ

- 171 Darwin'den Haeckel'e, 3 Mart 1864, *The Correspondence of Charles Darwin*, Cilt 12, 61.
- 172 Richards (2008), 22.
- 173 Agy., 42.
- 174 Agy., 50.
- 175 Agy.
- 176 Agy., 63.
- 177 Agy.
- 178 Agy., 79.
- 179 Haeckel'den Darwin'e, 10 Ağustos 1864, *The Correspondence of Charles Darwin*, Cilt 12, 485.
- 180 Haeckel (1863), alıntılaman Richards (2008), 94-95.
- 181 Agy., 83 ve n.12, alıntıladiğı kişi Furbringer (1914).
- 182 Agy., 11.
- 183 Haeckel (1880).
- 184 Richards (2008), 120.
- 185 Alıntılaman Gliboff (2008), 171.
- 186 Richards (2008), 117.
- 187 Agy., 126, 159.
- 188 Agy., 2, 223.
- 189 Agy., 140.
- 190 Kelly (1981), alıntılaman agy. 263.
- 191 Bowler (1988), 72.
- 192 Agy., 47, 76.
- 193 Agy., 87.
- 194 Hagen (2012), 67.
- 195 Westman ve Peet (1985), 7, 10.
- 196 Hagen (2012), 68.

- 197 Whittaker (1957), 536.
- 198 Agy., 537.
- 199 Whittaker (1959), 223.
- 200 Whittaker (1969), 151.
- 201 Agy.
- 202 Whittaker ve Margulis (1978), 6.
- 203 Woese ve Fox (1977), 5089.
- 204 Carl Woese'dan George Fox'a, 16 Kasım 1977; George Fox'un izniyle.
- 205 Agy.
- 206 Versiyon 1, George Fox'un izniyle. Diğer tüm daktiloya çekilmiş versiyonlar, aynı şekilde George Fox'un izniyle kullanılmıştır.
- 207 Versiyon 7.
- 208 Woese'dan Fox'a, 27 Ağustos 1979. Woese Arşivi, Illinois Üniversitesi, Champaign-Urbana.
- 209 Fox vd. (1980), 458.
- 210 Lake vd. (1984), 3786.
- 211 Alıntılaman Sapp (2009), 247.
- 212 Agy., 248.
- 213 Agy., 249.
- 214 Alıntılaman Agy., 251.
- 215 Woese (1987), 222.
- 216 Agy., 263.
- 217 Agy., 264.
- 218 Woese'dan Kandler'e, 11 Şubat 1980; Woese Arşivi, Illinois Üniversitesi, Champaign-Urbana.
- 219 *Bildirileri* Kandler vd. (1982) şeklinde yayımlanmıştır.
- 220 Woese'dan Zillig'e, 3 Haziran 1989; Woese Arşivi, Illinois Üniversitesi, Champaign-Urbana.
- 221 Kandler'den Woese'a, 5 Ocak 1990; Kandler Evrakları, Münih Üniversitesi, alıntılaman Sapp (2009), 386.
- 222 Woese vd. (1990), 4578.

5. BULAŞICI KALITIM

- 223 Pollock (1970), 11.
- 224 Alıntılaman Downie (1972), 2, şu eserden Wright (1941), 588. Downie *Saray* büyük harfle yazmaktadır ama Wright böyle yapmamıştır.
- 225 Griffith (1928), 154.
- 226 Agy., 150.
- 227 Agy., 153.
- 228 Pollock (1970), 10.
- 229 Olby (1994), 178.
- 230 Pollock (1970), 7.
- 231 Morgan (1934), 315.
- 232 Sıkıcı: Cobb (2015), 42, 54; Aptal: Judson (1979), 59, 63.
- 233 Dubos (1976), 49.

- 234 Agy., 56.
- 235 McCarty (1985), 85, 92.
- 236 Agy., 101.
- 237 Agy., 104.
- 238 Dubos (1976), 4, 62.
- 239 McCarty (1985), 143.
- 240 Oswald Avery'den Roy Avery'ye, 26 Mayıs 1943, alıntıl原因 Dubos (1976), 218-19.
- 241 McCarty (1985), 171.
- 242 Lederberg ve Tatum (1946a), 558.
- 243 Lederberg, Cavalli ve Lederberg (1952), 720; ayrıca bkz. "The True History of Fertility Factor F", Esther M. Zimmer Lederberg Memorial Website, erişilen adres: www.esthermlederberg.com/Clark_MemorialVita/HISTORY52.html, burada Esther Lederberg önceliğın kendisinde olduğunu iddia etmektedir.
- 244 Lederberg vd. (1952), 729.
- 245 Lederberg (1952), 413.
- 246 Watanabe (1963), 87.
- 247 Agy., 108.
- 248 Levy (2002), 78-79.
- 249 Baker vd. (2014), 1696.
- 250 Gardner (1969), 774.
- 251 Agy., 775.
- 252 Miller (2002), 902.
- 253 Anthony Tucker, "E.S. Anderson," *Guardian* US, son değışiklik 21 Mart 2006, www.theguardian.com/society/2006/mar/22/health.science
- 254 Anderson (1968), 176.
- 255 Agy.
- 256 Jones ve Sneath (1970), 69.
- 257 Agy.
- 258 Sonea ve Panisset (1983), 112.
- 259 Agy., 8, 85.
- 260 Doolittle (2004) yer aldığı eser: Cracraft ve Donoghue (2004), 88-89.
- 261 Heinemann ve Sprague (1989), 205, özet.
- 262 Lewin (1982).
- 263 Agy., 42.
- 264 Gladyshev vd. (2008), 1210, 1213.
- 265 Eyres vd. (2015), 1.
- 266 Werren (2005), 299.
- 267 Lander vd. (2001), 860.
- 268 Andersson vd. (2001), 1.
- 269 Edward R. Winstead, "Researchers Challenge Recent Claim That Humans Acquired 223 Bacterial Genes During Evolution", *Genome News Network*, son değışiklik 21 Mayıs 2011, www.genomenewsnetwork.org/articles/05_01/Gene_transfer.shtml.
- 270 Nicholas Wade, "Link Between Human Genes and Bacteria Is Hotly Debated by Rival Scientific Camps", *The New York Times* çevrimiçi, 18 Mayıs 2001.
- 271 Alıntıl原因 Agy.

6. AĞAÇ BUDAMA SANATI

- 272 Hugo Krubsack'ın Denniz Krubsack'a yolladığı 13 Mayıs 1975 tarihli mektuptan alınmıştır. Alıntılanan yer: Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/John_Krubsack.
- 273 Woese vd., (1990), 4578, Şekil 1.
- 274 Norman Pace, alıntıl原因 Morell (1996), 1043.
- 275 Agy.
- 276 Alıntıl原因 Pennisi (1998), 2.
- 277 Robert Feldman, alıntıl原因 Agy., 3.
- 278 Doolittle'in hatırladıkları: DQ'ya e-postası, 5 Şubat 2017.
- 279 Brown vd., (1994), 575.
- 280 Doolittle (1999), 2124.
- 281 Agy., 2125, Şekil 2.
- 282 Martin (1999), 101.
- 283 Doolittle (1999), 2127, Şekil 3.
- 284 Doolittle (2000), 94.
- 285 Agy., 97.
- 286 Doolittle (1999), 2128.
- 287 Gogarten vd. (2002), 2226.
- 288 Agy., 2234.
- 289 Wilson (1925), 738-39.
- 290 Martin (1999), 99.
- 291 Agy., 101.
- 292 Dagan ve Martin (2006), 1-2.
- 293 Woese (2000), 8392.
- 294 Koonin (2014), 197.
- 295 Woese (2002), 8742.
- 296 Graham Lawton, "Axing Darwin's Tree", *The New Scientist*, 24 Ocak 2009.
- 297 Alıntıl原因 yer Agy.
- 298 Agy.
- 299 Daniel Dennett, Jerry Coyne, Richard Dawkins ve Paul Myers'dan editöre mektup, "Darwin Was Right", *New Scientist*, 18 Şubat 2009.
- 300 Agy.
- 301 Eric Lyons, "Startling Admission: 'Darwin Was Wrong'", *Apologetics Press*: www.apologeticspress.org/APContent.aspx?category=23&article=2666.
- 302 İnzasız editör yazısı, *New Scientist*, "The Future of Life, but Not as We Know It", 24 Ocak 2009.
- 303 Agy.
- 304 Doolittle (1999), 2124.
- 305 Doolittle (2004), R176.
- 306 Doolittle (2000), 97.
- 307 "Axel Erlandson", Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Axel_Erlandson, alıntıyı yapan Wilma Erlandson (2001), *My Father Talked to Trees*, 13.

7. E PLURIBUS HUMAN

- 308 Lederberg (2001), 2.
- 309 Leeuwenhoek'tan Kraliyet Topluluğu'na mektup, 17 Eylül 1683, alıntılındığı yer: "Antony van Leeuwenhoek (1632-1723)", California Üniversitesi Paleontoloji Müzesi çevrimiçi sayfası, www.ucmp.berkeley.edu/history/leeuwenhoek.html.
- 310 Fotoğrafın yer aldığı eser: Gold (2013), 3206.
- 311 Smillie vd. (2011), 242.
- 312 Agy., 242.
- 313 Agy.
- 314 Goldenfeld (2014), 248.
- 315 Agy.
- 316 Agy.
- 317 Agy.
- 318 Vestigian vd. (2006), 10696.
- 319 Goldenfeld ve Woese (2007), 369.
- 320 Agy.
- 321 Kauffman (1993), *xiii*, 22-36.
- 322 Goldenfeld ve Woese (2007), 369.
- 323 Lewin (2014), 273.
- 324 Agy.
- 325 Agy.
- 326 Agy., 275.
- 327 Agy., 276.
- 328 Lander vd. (2001), 860.
- 329 Agy.
- 330 Comfort (2001), 9.
- 331 Agy., 251, İsveççeden yaptığı çeviri.
- 332 Keynes, yay. haz. (1988), 315 ve n.1.
- 333 Lewin (2014), 173.
- 334 Woese (2004), 173.
- 335 Agy.
- 336 Agy., 174.
- 337 Woese (2004), 173.
- 338 Woese (2005), R112.
- 339 *Beyond God and Darwin* kitabının taslağı, Woese Arşivi, Illinois Üniversitesi, Champaign-Urbana.
- 340 Bu CVS defteri Woese Arşivi'nde bulunmaktadır, Illinois Üniversitesi, Champaign-Urbana.
- 341 *Beyond God and Darwin* kitabının taslağı, Woese Arşivi, Illinois Üniversitesi, Champaign-Urbana.
- 342 Agy.
- 343 Agy.
- 344 Saib ve Benkirane (2009), 4.
- 345 Dupressoir vd. (2005), 730.
- 346 Morange (2015), 221.
- 347 Jansen vd. (2002), 1565, 1569.

- 348 Agy.
349 Woese (2007), 4.
350 Carl Woese'dan Harry Noller'a, 22 Ağustos 1974; Harry Noller'in izniyle.
351 Carl Woese'dan Profesör J. Health'e, 17 Mayıs 1988; Harry Noller'a gönderilmiş olan
Noller'in DQ ile paylaştığı kopyası.
352 Noller (2014), 230.
353 Agy., 230-31.
354 Rachel Feltman, *The Washington Post*, 6 Mayıs 2015.
355 Lewin (2014), 277.
356 Agy.
357 Mayr (1942), 120.
358 Bu videolar Carl R. Woese Institute for Genomic Biology izniyle izlemeye açıktır, Illi-
nois Üniversitesi, Champaign-Urbana.

KAYNAKÇA

- Acuña, R.; Padilla, B.E.; Flórez-Ramos, C.P.; Rubio, J.D.; Herrera, J.C.; Benavides, P.; Lee, S.J.; Yeats, T.H.; Egan, A.N.; Doyle, J.J. ve Rose, J.K.C., "Adaptive Horizontal Transfer of a Bacterial Gene to an Invasive Insect Pest of Coffee", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, 109 (11).
- Akanni, W.A.; Siu-Ting, K.; Creevey, C.J.; McInerney, J.O.; Wilkinson, M.; Foster, P.G. ve Pisani, D., "Horizontal Gene Flow from Eubacteria to Archaeobacteria and What It Means for Our Understanding of Eukaryogenesis", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2015, 370 (1678).
- Albers, S.V.; Forterre, P.; Prangishvili, D.ve Scheleper, C., "The Legacy of Carl Woese and Wolfram Zillig: From Phylogeny to Landmark Discoveries", *Nature Reviews Microbiology*, 2013, 11 (10).
- Amunts, A.; Brown, A.; Toots, J.; Scheres, S. ve Ramakrishnan. V., "The Structure of the Human Mitochondrial Ribosome", *Science*, 2015, 348 (6230).
- Andam, C.P.; Williams, D. ve Gogarten, J.P., "Natural Taxonomy in Light of Horizontal Gene Transfer", *Biology & Philosophy*, 2010, 25 (4).
- Andam, C.P. ve Gogarten, J.P., "Biased Gene Transfer in Microbial Evolution", *Nature Reviews Microbiology*, 2011, 9 (7).
- Andam, C.P.; Fournier, G.P. ve Gogarten, J.P., "Multilevel Populations and the Evolution of Antibiotic Resistance Through Horizontal Gene Transfer", *FEMS Microbiology Reviews*, 2011, 35 (5).
- Anderson, E.S., "The Ecology of Transferable Drug Resistance in the Enterobacteria", *Annual Review of Microbiology*, 1968, 22.
- Anderson, J.O.; Sjögren, A.M.; Davis, L.A.M.; Embley, T.M. ve Roger, A.J., "Phylogenetic Analyses of Diplomonad Genes Reveal Frequent Lateral Gene Transfers Affecting Eukaryotes", *Current Biology*, 2003, 13.
- Anderson, N.G., "Evolutionary Significance of Virus Infection", *Nature*, 1970, 227 (5265).
- Anderson, O.R., *Radiolaria*, Springer-Verlag, New York, 1983.

Andersson, J.O., "Lateral Gene Transfer in Eukaryotes", *Cellular and Molecular Life Sciences*, 2001, 62 (11).

Andersson, J.O.; Doolittle, W.F. ve Nesbo, C.L., "Are There Bugs in Our Genome?", *Science*, 2001, 292 (5523).

Andersson, J.O.; Sjögren, A.M.; Davis, L.A.M.; Embley T.M. ve Roger, A.J., "Phylogenetic Analyses of Diplomonad Genes Reveal Frequent Lateral Gene Transfers Affecting Eukaryotes", *Current Biology*, 2003, 13 (2).

Anonim, "Obituary. F. Griffith, M. B., ve W. M. Scott, M.D., Medical Officers, Ministry of Health", *British Medical Journal*, 1941, 1 (4191).

Arbuckle, J.H.; Medveczky, M.M.; Luka, J.; Hadley, S.H.; Lugmayr, A.; Ablashi, D.; Lund, T.C.; Tolar, J.; De Meirleir, K.; Montoya, J.G. vd., "The Latent Human Herpesvirus-6A Genome Specifically Integrates in Telomeres of Human Chromosomes *In Vivo* and *In Vitro*", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010, 107 (12).

Archibald, J.D., "Edward Hitchcock's Pre-Darwinian (1840) 'Tree of Life'", *Journal of the History of Biology*, 2009, 42.

— *Aristotle's Ladder, Darwin's Tree: The Evolution of Visual Metaphors for Biological Order*, Columbia University Press, New York, 2014.

Archibald, John, *One Plus One Equals One: Symbiosis and the Evolution of Complex Life*, Oxford University Press, New York, 2014.

— "The Eocyte Hypothesis and the Origin of Eukaryotic Cells", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008, 105 (51).

— "Gene Transfer in Complex Cells", *Nature*, 2008, 524 (7566).

Arkhipova, I.R.; Batzer, M.A.; Brosius, J.; Feschotte, C.; Moran, J.V.; Schmitz, J. ve Jurka, J., "Genomic Impact of Eukaryotic Transposable Elements", *Mobile DNA*, 2012, 3 (1).

Arnold, M.L., *Evolution Through Genetic Exchange*, Oxford University Press, New York, 2007.

— *Reticulate Evolution and Humans: Origins and Ecology*. Oxford University Press, New York, 2009.

Arnold, M.L. ve Larson, E.J., "Evolution's New Look", *Wilson Quarterly*, güz, 2004.

Arnold, M.L., ve Meyer, A., "Natural Hybridization in Primates: One Evolutionary Mechanism", *Zoology*, 2006, 109 (4).

Arnold, M.L.; Sapir, Y. ve Martin, N.H., "Genetic Exchange and the Origin of Adaptations: Prokaryotes to Primates", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2008, 363 (1505).

Avery, O.T.; MacLeod, C.M. ve McCarty, M., "Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types: Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction Isolated from *Pneumococcus* Type III", *Journal of Experimental Medicine*, 1944, 79 (2).

Azad, R.K. ve Lawrence, J.G., "Towards More Robust Methods of Alien Gene Detection", *Nucleic Acids Research*, 2011, 39 (9).

Baker, K.S.; Mather, A.E.; McGregor, H.; Coupland, P.; Langridge, G.C.; Day, M.; Deheer-Graham, A.; Parkhill, J.; Russell, J.E. ve Thomson, N.R., "The Extant World War 1 Dysentery Bacillus NCTC1: A Genomic Analysis", *Lancet*, 2014, 384 (9955).

Baker, K.S.; Burnett, E.; McGregor, H.; Deheer-Graham, A.; Boinett, C.; Langridge, G.C.; Wailan, A.M.; Cain, A.K.; Thomson, N.R.; Russell, J.E. ve Parkhill, J., "The Murray Collection of Pre-Antibiotic Era *Enterobacteriaceae*: A Unique Research Resource", *Genome Medicine*, 2015, 7 (97).

Balch, W.E. ve Wolfe, R.S., "New Approach to the Cultivation of Methanogenic Bacteria: 2-Mercaptoethanesulfonic Acid (HS-CoM)-Dependent Growth of *Methanobacterium ruminantium* in a Pressurized Atmosphere", *Applied and Environmental Microbiology*, 1976, 32 (6).

Balch, W.E.; Magrum, L.J.; Fox, G.E.; Wolfe, R.S. ve Woese, C.R., "An Ancient Divergence Among the Bacteria", *Journal of Molecular Evolution*, 1977, 9 (4).

Baldauf, S.L.; Palmer, J.D. ve Doolittle, W.F., "The Root of the Universal Tree and the Origin of Eukaryotes Based on Elongation Factor Phylogeny", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1996, 93 (15).

Baltimore, D.; Berg, P.; Botchan, M.; Carroll, D.; Charo, R.A.; Church, G.; Corn, J.E.; Daley, G.Q.; Doudna, J.A.; Fenner M. vd., "A Prudent Path Forward for Genomic Engineering and Germline Gene Modification", *Science*, 2015, 348 (6230).

Banfield, J.F. ve Young, M., "Variety – The Splice of Life – in Microbial Communities", *Science*, 2009, 326 (5957).

Barker, H.A. ve Hungate, R.E., "Cornelius Bernardus van Niel, 1897-1985", *Biographical Memoirs* eserinden, yayımlayan Ulusal Bilimler Akademisi, Washington, 1990.

Barnett, W.E. ve Brown, D.H., "Mitochondrial Transfer Ribonucleic Acids", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1967, 57 (2).

- Barns, S.M.; Fundyga, R.E.; Jeffries, M.W. ve Pace, N.R., "Remarkable Archaeal Diversity Detected in a Yellowstone National Park Hot Spring Environment", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1994, 91 (5).
- Barns, S.M.; Delwiche, C.F.; Palmer, J.D. ve Pace, N.R., "Perspectives on Archaeal Diversity, Thermophily, and Monophyly from Environmental rRNA Sequences", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1996, 93 (17).
- Barrangou, R.; Fremaux, C.; Deveau, H.; Richards, M.; Boyaval, P.; Moineau, S.; Romero, D.A. ve Horvath, P., "CRISPR Provides Acquired Resistance Against Viruses in Prokaryotes", *Science*, 2007, 315 (5819).
- Barrett, P.H. ve Gautrey, P.J.; (yay.haz.) Herbert, S.; Kohn, D.; Smith, S., *Charles Darwin's Notebooks 1836-1844: Geology, Transmutation of Species, Metaphysical Enquiries*, Cornell University Press, Ithaca, New York, 1987.
- Belshaw, R.; Pereira, V.; Katzourakis, A.; Talbot, G.; Pačes, J.; Burt, A. ve Tristem, M., "Long-Term Reinfection of the Human Genome by Endogenous Retroviruses", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2004, 101 (14).
- Bénit, L.; de Parseval, N.; Casella, J.F.; Callebaut, I.; Cordonnier, A. ve Heidmann, T., "Cloning of a New Murine Endogenous Retrovirus, MuERV-L, with Strong Similarity to the Human HERV-L Element and with a gag Coding Sequence Closely Related to the Fv1 Restriction Gene", *Journal of Virology*, 1997, 71 (7).
- Bénit, L.; Lallemand, J.B.; Casella, J.F.; Philippe, H. ve Heidmann, T., "ERV-L Elements: A Family of Endogenous Retrovirus-like Elements Active Throughout the Evolution of Mammals", *Journal of Virology*, 1999, 73 (4).
- Bénit, L.; Dessen, P. ve Heidman, T., "Identification, Phylogeny, and Evolution of Retroviral Elements Based on Their Envelope Genes", *Journal of Virology*, 2001, 75 (23).
- Bergthorsson, U.; Adams, K.L.; Thomason, B. ve Palmer, J.D., "Widespread Horizontal Transfer of Mitochondrial Genes in Flowering Plants", *Nature*, 2003, 424 (6945).
- Bézier, A.; Annaheim, M.; Herbinière, J.; Wetterwald, C.; Gyapay, G.; Bernard-Samain, S.; Wincker, P.; Roditi, I.; Heller, M.; Belghazi, M. vd., "Polydnnaviruses of Braconid Wasps Derive from an Ancestral Nudivirus", *Science*, 2009, 323 (5916).
- Blaise, S.; de Parseval, N.; Bénit, L. ve Heidmann, T., "Genomewide Screening for Fusogenic Human Endogenous Retrovirus Envelopes Identifies Syncytin 2, a Gene Conserved on Primate Evolution", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2003, 100 (22).

Blaser, M.J., MD., *Missing Microbes: How the Overuse of Antibiotics Is Fueling Our Modern Plagues*, Henry Holt, New York, 2014.

Bokulich, N.A. ve Bamforth, C.W., "The Microbiology of Malting and Brewing", *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 2013, 77 (2).

Bolotin, A.; Quinquis, B.; Sorokin, A. ve Ehrlich, S.D., "Clustered Regularly Interspaced Short Palindrome Repeats (CRISPRs) Have Spacers of Extrachromosomal Origin", *Microbiology*, 2005, 151 (8).

Bonen, L. ve Doolittle, W.F., "On the Prokaryotic Nature of Red Algal Chloroplasts", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1975, 72 (6).

— "Ribosomal RNA Homologies and the Evolution of the Filamentous Blue-Green Bacteria", *Journal of Molecular Evolution*, 1978, 10.

Bonen, L. ve Doolittle, W.F., "Partial Sequences of 16S rRNA and the Phylogeny of Blue-Green Algae and Chloroplasts", *Nature*, 1976, 261 (5562).

Bonen, L.; Cunningham, R.S.; Gray, M.W. ve Doolittle, W.F., "Wheat Embryo Mitochondrial 18S Ribosomal RNA: Evidence for Its Prokaryotic Nature", *Nucleic Acids Research*, 1977, 4 (3).

Boone, D.R.; Liu, Y.; Zhao, Z.J.; Balkwill, D.L.; Drake, G.R.; O.Stevens, T. ve Aldrich, H.C., "*Bacillus infernus* sp. nov., an FE(III)-and-Mn(IV)-Reducing Anaerobe from the Deep Terrestrial Subsurface", *International Journal of Systematic Bacteriology*, 1995, 45 (3).

Boothby, T.C.; Tenlen, J.R.; Smith, F.W.; Wang, J.R.; Patanella, K.A.; Nishimura, E.O.; Tintori, S.C.; Li, Q.; Jones, C.D.; Yandell, M. vd., "Evidence for Extensive Horizontal Gene Transfer from the Draft Genome of a Tardigrade", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015, 112 (52).

Bordenstein, S.R. ve Bordenstein, S.R., "Eukaryotic Association Module in Phage WO Genomes from *Wolbachia*", *Nature Communications*, 2016, 7.

Bordenstein, S.R., "Evolutionary Genomics: Transdomain Gene Transfers", *Current Biology*, 2007, 17 (21).

Bordenstein, S.R.; O'Hara, F.P. ve Werren, J.H., "*Wolbachia*-Induced Incompatibility Precedes Other Hybrid Incompatibilities in *Nasonia*", *Nature*, 2001, 409 (6821).

Bosley, K.S.; Botchan, M.; Bredenoord, A.L.; Carroll, D.; Charo, R.A.; Charpentier, E.; Cohen, R.; Corn, J.; Doudna, J.; Feng, G.vd., "CRISPR Germline Engineering –The Community Speaks", *Nature Biotechnology*, 2015, 33 (5).

Boto, L., “Horizontal Gene Transfer in Evolution: Facts and Challenges”, *Proceedings of the Royal Society of London (B)*, 2009 277 (1683).

— “Horizontal Gene Transfer in the Acquisition of Novel Traits by Metazoans”, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2014, 281 (1777).

Bouchard, F. ve Huneman, P. (yay. haz.), *From Groups to Individuals: Evolution and Emerging Individuality*, MIT Press, Cambridge, 2013.

Bowler, P.J., *Evolution: The History of an Idea*, gözden geçirilmiş baskı, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, Londra, 1989.

— *The Non-Darwinian Revolution: Reinterpreting a Historical Myth*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1988.

Breed, R.S., “The Present Status of Systematic Bacteriology”, *Journal of Bacteriology*, 1928, 15 (3).

Brito, I.L.; Yilmaz, S.; Huang, K.; Xu, L.; Jupiter, S.D.; Jenkins, A.P.; Naisilisili, W.; Tamminen, M.; Smillie, C.S.; Wortman, R.R. vd., “Mobile Genes in the Human Microbiome Are Structured from Global to Individual Scales”, *Nature*, 2016, 535 (7612).

Brock, T.D., (çev. ve yay. haz.), *Milestones in Microbiology: 1546 to 1940*, ASM Press, Washington, 1961.

— “Life at High Temperatures”, *Science*, 1967, 158 (3804).

— “The Road to Yellowstone – And Beyond”, *Annual Review of Microbiology*, 1995.

Brown, C.T.; Hug, L.A.; Thomas, B.C.; Sharon, I.; Castelle, C.J.; Singh, S.; Wilkins, M.J.; Wrighton, K.C.; Williams, K.H. ve Banfield, J.F., “Unusual Biology Across a Group Comprising More Than 15% of Domain Bacteria”, *Nature*, 2015, 523 (7559).

Brown, J.R.; Masuchi, Y.; Robb, F.T. ve Doolittle, W.F., “Evolutionary Relationships of Bacterial and Archaeal Glutamine Synthetase Genes”, *Journal of Molecular Evolution*, 1994, 38 (6).

Brown, J.R., ve Doolittle, W.F., “Root of the Universal Tree of Life Based on Ancient Aminoacyl-tRNA Synthetase Gene Duplications”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1995, 92 (7).

— “Archaea and the Prokaryote-to-Eukaryote Transition”, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 1997, 61 (4).

Brownlee, G.G., *Fred Sanger: Double Nobel Laureate, A Biography*, Cambridge University Press, Cambridge, 2014.

Brucker, R.M. ve Bordenstein, S.R., "Speciation by Symbiosis", *Trends in Ecology and Evolution*, 2012, 27 (8).

Buchner, P., *Endosymbiosis of Animals with Plant Microorganisms*, çev. Bertha Mueller, Francis H. Foeckler'in katkısıyla, John Wiley & Sons, New York, 1965.

Bulloch, W., *The History of Bacteriology*, Dover Publications, New York, 1979. (İlk baskısı Oxford University Press tarafından 1938'de yapılmıştır.)

Bult, C.J.; White, O.; Olsen, G.J.; Zhou, L.; Fleischmann, R.D.; Sutton, G.G.; Blake, J.A.; FitzGerald, L.M.; Clayton, R.A.; Gocayne, J.D. vd. (Woese ve Venter), "Complete Genome Sequence of Methanogenic Archaeon, *Methanococcus jannaschii*", *Science*, 1996, 273 (5278).

Burstein, D.; Sun, C.L.; Brown, C.T.; Sharon, I.; Anantharaman, K.; Probst, A.J.; Brian C. Thomas, B.C. ve Banfield, J.F., "Major Bacterial Lineages Are Essentially Devoid of CRISPR-Cas Viral Defence Systems", *Nature Communications*, 2016, 7.

Bushman, F., *Lateral DNA Transfer: Mechanisms and Consequences*, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York, 2002.

Buss, L.W., *The Evolution of Individuality*, Princeton University Press, Princeton, 1987.

Busslinger, M.; Rusconi, S. ve Birsntiel, M.L., "An Unusual Evolutionary Behaviour of a Sea Urchin Histone Gene Cluster", *EMBO Journal*, 1982, 1 (1).

Campbell, A., "Evolutionary Significance of Accessory DNA Elements in Bacteria", *Annual Review of Microbiology*, 1981, 35.

Campbell, M.A.; Van Leuven, J.T.; Meister, R.C.; Carey, K.M.; Simon, C. ve McCutcheon, J.P., "Genome Expansion Via Lineage Splitting and Genome Reduction in the Cicada Endosymbiont *Hodgkinia*", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015, 112 (33).

Carbon, P.; Ehresmann, C.; Ehresmann, B. ve Ebel, J.P., "The Sequence of *Escherichia coli* Ribosomal 16 S RNA Determined by New Rapid Gel Methods", 1978, *FEBS Letters* 94 (1).

Cartault, F.; Munier, P.; Benko, E.; Desguerre, I.; Hanein, S.; Boddaert, N.; Bandiera, S.; Vellayoudom, J.; Krejbich-Trotot, P.; Bintner, M. vd., "Mutation in a Primate-Conserved Retrotransposon Reveals a Noncoding RNA as a Mediator of Infantile Encephalopathy", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, 109 (13).

Cartwright, P. ve Nawrocki, A.M., "Character Evolution in Hydrozoa (Phylum Cnidaria)", *Integrative and Comparative Biology*, 2012, 50 (3).

Elegans Sequencing Consortium, "Genome Sequence of the Nematode *C. elegans*: A Platform for Investigating Biology", *Science*, 1998, 282 (5396).

Chain, P.S.G.; Carniel, E.; Larimer, F.W.; Lamerdin, J.; Stoutland, P.P.; Regala, W.M.; Georgescu, A.M.; Vergez, L.M.; Land, M.L.; Motin, V.L. vd., "Insights into the Evolution of *Yersinia pestis* Through Whole-Genome Comparison with *Yersinia pseudotuberculosis*", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2004, 101 (38).

Chargaff, E., *Heracleian Fire: Sketches from a Life Before Nature*, Rockefeller University Press, New York, 1978.

Cho, Y.; Qiu, Y.L.; Kuhlman, P. ve Palmer, J.D., "Explosive Invasion of Plant Mitochondria by a Group I Intron", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1998, 95 (24).

Choi, B.K.; Paster, B.J.; Dewhirst, F.E. ve Göbel, U.B., "Diversity of Cultivable and Uncultivable Oral Spirochetes from a Patient with Severe Destructive Periodontitis", *Infection and Immunity*, 1994, 62 (5).

Christner, B.C.; Priscu, J.C.; Achberger, A.M.; Barbante, C.; Carter, S.P.; Christianson, K.; Michaud, A.B.; Mikuchi, J.A.; Mitchell, A.C.; Skidmore, M.L.; Vick-Majors, T.J. ve WISSARD Bilim Ekibi, "A Microbial Ecosystem Beneath the West Antarctic Ice Sheet", *Nature*, 2014, 512 (7514).

Chung, K.T. ve Varel, V., "Ralph S. Wolfe (1921 -). Pioneer of Biochemistry of Methanogenesis", *Anaerobe*, 1998, 4 (5).

Chuong, E.B.; Elde, N.C. ve Cedric Feschotte, "Regulatory Evolution of Innate Immunity Through Co-Option of Endogenous Retroviruses", *Science*, 2016, 351 (6277).

Churchill, F.B., "August Weismann and a Break from Tradition", *Journal of the History of Biology*, 1968, 1 (1).

— *August Weismann: Development, Heredity, and Evolution*, Harvard University Press, Cambridge (MA), 2015.

Ciccarelli, F.D.; Doerks, T.; von Mering, C.; Creevey, C.J.; Snel, B. ve Peer Bork, P., "Toward Automatic Reconstruction of a Highly Resolved Tree of Life", *Science*, 2006, 311 (5765).

Clark, R.W., *Einstein, the Life and Times*, Harper Perennial, New York, 1984. İlk baskısı 1971.

- Clarke, E., "The Problem of Biological Individuality," *Biological Theory*, 2011, 5 (4).
- Cobb, M., "Oswald Avery, DNA, and the Transformation of Biology," *Current Biology*, 2014, 24 (2).
- Life's Greatest Secret: The Race to Crack the Genetic Code*, Basic Books, New York, 2015.
- Cohn, D., Dr., *Bacteria, The Smallest of Living Organisms*, çev. Charles S. Dolley, 1881, Johns Hopkins Press, Baltimore, 1936. İlk baskısı 1872.
- Comfort, N.C., *The Tangled Field: Barbara McClintock's Search for the Patterns of Genetic Control*, Harvard University Press, Cambridge (MA), 2001.
- Cong, L.; Ran, F.A.; Cox, D.; Lin, S.; Barretto, R.; Habib, N.; Hsu, P.D.; Xuebing Wu, X.; Jiang, W.; Marraffini, L.A. ve Zhang, F., "Multiplex Genome Engineering Using CRISPR/Cas Systems", *Science*, 2013, 339 (6121).
- Copeland, H.F., "The Kingdoms of Organisms", *Quarterly Review of Biology*, 1938, 13 (4).
- Cordaux, R. ve Mark A. Batzer, M.A., "The Impact of Retrotransposons on Human Genome Evolution", *Nature Reviews, Genetics* 10 (10).
- Cordonnier, A.; Casella, J.F. ve Heidmann, T., "Isolation of Novel Human Endogenous Retrovirus-like Elements with Foamy Virus-Related *pol* Sequence", *Journal of Virology*, 1995, 69 (9).
- Cornelis, G.; Heidmann, O.; Bernard-Stoecklin, S.; Reynaud, K.; Véron, G.; Mulot, B.; Dupressoir, A. ve Heidmann, T., "Ancestral Capture of *syncytin-Car1*, a Fusogenic Endogenous Retroviral *Envelope* Gene Involved in Placentation and Conserved in Carnivore", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, 109 (7).
- Cornelis, G.; Heidmann, O.; Degrelle, S.A.; Vernochet, C.; Lavialle, C.; Letzelter, C.; Bernard-Stoecklin, S.; Hassanin, A.; Mulot, B.; Guillomot, M. vd., "Captured Retroviral Envelope Syncytin Gene Associated with the Unique Placental Structure of Higher Ruminants", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013, 110 (9).
- Cornelis, G.; Vernochet, C.; Carradec, Q.; Souquere, S.; Mulot, B.; François Catzeflis, F.; Nilsson, M.A.; Menzies, B.R.; Renfree, M.B.; Pierron, G. vd., "Retroviral Envelope Gene Captures and *syncytin* Exaptation for Placentation in Marsupials", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015, 112 (5).
- Costello, E.K.; Stagaman, K.; Dethlefsen, L.; Bohannan, B.J.M. ve Relman, D.A., "The Application of Ecological Theory Toward an Understanding of the Human Microbiome", *Science*, 2012, 336 (6086).

Cotton, J.A. ve McInerney, J.O., “Eukaryotic Genes of Archaeobacterial Origin Are More Important Than the More Numerous Eubacterial Genes, Irrespective of Function”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010, 107 (40).

Cowdry, E.V. ve Peter K. Olitsky, P.K., “Differences Between Mitochondria and Bacteria”, *Journal of Experimental Medicine*, 1922, 36 (5).

Cox, C.J.; Foster, P.G.; Hirt, R.P.; Harris, S.R. ve T. Martin Embley, T.M., “The Archaeobacterial Origin of Eukaryotes”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008, 105 (51).

Cracraft, J. ve Michael J. Donoghue, M.J. (yay. haz.), *Assembling the Tree of Life*, Oxford University Press, New York, 2004.

Crick, F., “Central Dogma of Molecular Biology”, *Nature*, 1970, 227 (5258).

Crick, F.H.C., “On Protein Synthesis”, *Symposia of the Society for Experimental Biology*, 1958, 12.

Crick, F.H.C.; F.R.S.; Barnett, L.; Brenner, Dr. S. ve Watts-Tobin, Dr. R.J., “General Nature of the Genetic Code for Proteins”, *Nature*, 1961, 192 (4809).

Crisp, A.; Boschetti, C.; Perry, M.; Tunnacliffe, A. ve Micklem, G., “Expression of Multipile Horizontally Acquired Genes Is a Hallmark of Both Vertebrate and Invertebrate Genomes”, *Genome Biology*, 2015, 16 (50).

Cruz, F. de la ve Davies, J., “Horizontal Gene Transfer and the Origin of Species: Lessons from Bacteria”, *Trends in Microbiology*, 2000, 8 (3).

Dagan, T. ve Martin, W., “The Tree of One Percent”, *Genome Biology*, 2006, 7 (118).

Dagan, T.; Artzy-Randrup, Y. ve Martin, W., “Modular Networks and Cumulative Impact of Lateral Transfer in Prokaryote Genome Evolution”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008, 105 (29).

Darwin, C., *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, John Murray, Londra, 1859. İlk baskının aynısı, Harvard University Press, Cambridge (MA), 1964.

— August Weismann’a mektubu, 22 Ekim 1868, *The Correspondence of Charles Darwin*, Cilt 16, Burkhardt, F. vd. (yay. haz.), Cambridge University Press, Cambridge, 2008.

—August Weismann’a mektubu, 5 Nisan 1872, *The Correspondence of Charles Darwin*, Cilt 20, Burkhardt, F. vd. (yay. haz.), Cambridge University Press, Cambridge, 2013.

Davies, J., “In a Map for Human Life, Count the Microbes, Too”, *Science*, 2001, 291 (5512).

Davies, J. ve Davies, D., "Origins and Evolution of Antibiotic Resistance", *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 2010, 74 (3).

Davies, R., *The Darwin Conspiracy: Origins of a Scientific Crime*, Golden Square Books, Londra, 2008.

Dawes, H., "The Quiet Revolution", *Current Biology*, 2004, 14 (15).

Dawkins, R., *The Selfish Gene*, 30. yıldönümü baskısı, Oxford University Press, New York, 2006. İlk baskısı 1976.

Dawson, M.H., "The Transformation of Pneumococcal Types. I. The Conversion of R Forms of *Pneumococcus* into S Forms of the Homologous Type", *Journal of Experimental Medicine*, 1930a, 51 (1).

— "The Transformation of Pneumococcal Types. II. The Interconvertibility of Type-Specific S *Pneumococci*", *Journal of Experimental Medicine*, 1930b, 51 (1).

Dayhoff, M.O., "Computer Aids to Protein Sequence Determination", *Journal of Theoretical Biology*, 1964, 8 (1).

Dayrat, B., "The Roots of Phylogeny: How Did Haeckel Build His Trees?", *Systemic Biology*, 2003, 52 (4).

Desmond, A. ve Moore, J., *Darwin*, Warner Books, New York, 1991.

Dethlefsen, L.; McFall-Ngai, M. ve David A. Relman, D.A., "An Ecological and Evolutionary Perspective on Human-Microbe Mutualism and Disease", *Nature*, 2007, 449 (7164).

Dethlefsen, L.; Huse, S.; Sogin, M.L. ve David A. Relman, D.A., "The Pervasive Effects of an Antibiotic on the Human Gut Microbiota, as Revealed by Deep 16S rRNA Sequencing", *PLoS Biology*, 2008, 6 (11).

Dodd, M.S.; Papineau, D.; Grenne, T.; Slack, J.E.; Rittner, M.; Pirajno, F.; O'Neil, J. ve Little, C.T.S., "Evidence for Early Life in Earth's Oldest Hydrothermal Vent Precipitates", *Nature*, 2017, 543 (7643).

Dolan, M.F. ve Margulis, L., "Hans Ris. 1914-2002", *Biographical Memoirs'ten*, Ulusal Bilimler Akademisi, Washington (DC), 2011.

Dombrowski, N.; Donaho, J.A.; Tony Gutierrez, T.; Kiley W. Seitz, K.W.; Andreas P. Teske, A.P. ve Brett J. Baker, B.J., "Reconstructing Metabolic Pathways of Hydrocarbon-Degrading Bacteria from the Deepwater Horizon Oil Spill", *Nature Microbiology*, 2016, 1 (7).

Doolittle, W.F., "Ribosomal Ribonucleic Acid Synthesis and Maturation in the Blue-Green Alga *Anacystis nidulans*", *Journal of Bacteriology*, 1972, 111 (2).

— "Genes in Pieces: Were They Ever Together?" *Nature*, 1978, 271 (5654).

— "Revolutionary Concepts in Evolutionary Cell Biology", *Trends in Biochemical Sciences*, 1980, 5 (6).

— "At the Core of the Archaea", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1996, 93 (17).

— "Some Aspects of the Biology of Cells and Their Possible Evolutionary Significance", Eser: *Evolution of Microbial Life*, yay. haz. Roberts, D.M.; Sharp, P.; Alderson, G. ve Collins, M.A., Cambridge University Press, Cambridge, 1996.

— "You Are What You Eat: A Gene Transfer Ratchet Could Account for Bacterial Genes in Eukaryotic Nuclear Genomes", *Trends in Genetics*, 1998, 14 (8).

— "Lateral Genomics", *Trends in Cell Biology*, 1999, 9 (12).

— "Phylogenetic Classification and the Universal Tree", *Science*, 1999, 284 (5423).

— "Uprooting the Tree of Life", *Scientific American*, 2000, 282 (2).

— "Q&A, W. Ford Doolittle," *Current Biology*, 2004, 14 (5).

— "The Practice of Classification and the Theory of Evolution, and What the Demise of Charles Darwin's Tree of Life Hypothesis Means for Both of Them", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2009, 364 (1527).

— "The Attempt on the Life of the Tree of Life: Science, Philosophy and Politics", *Biology & Philosophy*, 2010, 25 (4).

— "Microbial Neopleomorphism", *Biology & Philosophy*, 2013, 28 (2).

— "Is Junk DNA Bunk? A Critique of ENCODE", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015, 110 (14).

Doolittle, W.F. ve Pace, N.R., "Synthesis of 5S Ribosomal RNA in *Escherichia coli* After Rifampicin Treatment", *Nature*, 1970, 228 (5267).

— "Transcriptional Organization of the Ribosomal RNA Cistrons in *Escherichia coli*", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1971, 68 (8).

Doolittle, W.F.; Woese, C.R.; Sogin, M.L.; Bonen, L. ve Stahl, D., "Sequence Studies on 16S Ribosomal RNA from a Blue-Green Alga", *Journal of Molecular Evolution*, 1975, 4 (4).

Doolittle, W.F. ve Sapienza, C., "Selfish Genes, the Phenotype Paradigm and Genome Evolution", *Nature*, 1980, 284 (5757).

Doolittle, W.F. ve Bonen, L., "Molecular Sequence Data Indicating and Endosymbiotic Origin for Plastids", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1981, 361.

Doolittle, W.F. ve Brown, J.R., "Tempo, Mode, the Progenote, and the Universal Root", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1994, 91 (15).

Doolittle, W.F.; Boucher, Y.; Nesbo, C.L.; Douady, C.J.; Andersson, J.O. ve Roger, A.J., "How Big Is the Iceberg of Which Organellar Genes in Nuclear Genomes Are but the Tip?", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2003, 358 (1429).

Doolittle, W.F. ve Bapteste, E., "Pattern Pluralism and the Tree of Life Hypothesis", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007, 104 (7).

Doudna, J.A. ve Charpentier, E., "The New Frontier of Genome Engineering with CRISPR-Cas9", *Science*, 2014, 346 (6213).

Dover, G. ve Doolittle, W.F., "Modes of Genome Evolution", *Nature*, 1980, 288 (Aralık 18/25).

Downie, A.W., "Pneumococcal Transformation - A Backward View", *Journal of General Microbiology*, 1972, 72 (3).

Drews, G., "Ferdinand Cohn, a Founder of Modern Microbiology", *ASM News*, 1999, 65 (8).

— "The Roots of Microbiology and the Influence of Ferdinand Cohn on Microbiology of the 19th Century", *FEMS Microbiology Reviews*, 2000, 24 (3).

Dubos, R.J., "Oswald Theodore Avery, 1877-1955", *Biographical Memoirs of the Fellows of the Royal Society*, 1956, 2.

Dubos, R.J., *The Professor, the Institute, and DNA*, Rockefeller University Press, New York, 1976.

Dunn, C.W., "Complex Colony-Level Organization of the Deep-Sea Siphonophore *Bargmannia elongata* (Cnidaria, Hydrozoa) Is Directionally Asymmetric and Arises by the Subdivision of Pro-Buds", *Developmental Dynamics*, 2005, 234 (4).

Dunning Hotopp, J.C., "Horizontal Gene Transfer Between Bacteria and Animals", *Trends in Genetics*, 2011, 27 (4).

— “Lateral Gene Transfer in Multicellular Organisms”, Eser: *Lateral Gene Transfer i Evolution*, yaz. haz. Gophna, U., Springer, New York, 2013.

Dunning Hotopp, J.C.; Clark, M.E.; Oliveira, D.C.S.G.; Foster, J.M.; Fischer, P.; Torres, M.C.M.; Giebel, J.D.; Kumar, N.; Ishmael, N.; Wang, S. vd., “Widespread Lateral Gene Transfer from Intracellular Bacteria to Multicellular Eukoaryotes”, *Science*, 2007, 317 (5845).

Dupressoir, A.; Marceau, G.; Vernochet, C.; Bénit, L.; Kanellopoulos, C.; Sapin, V. ve Heidmann, T., “Syncytin-A and Syncytin-B, Two Fusogenic Placenta-Specific Murine Envelope Genes of Retroviral Origin Conserved in Muridae”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2005, 102 (3).

Dupressoir, A.; Vernochet, C.; Bawa, O.; Harper, F.; Pierron, G.; Opolon, P. ve Heidmann, T., “Syncytin-A Knockout Mice Demonstrate the Critical Role in Placentation of a Fusogenic, Endogenous Retrovirus-Derived, Envelope Gene”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106 (29).

Eck, R.V. ve Dayhoff, M.O., “Evolution of the Structure of Ferredoxin Based on Living Relics of Primitive Amino Acid Sequences”, *Science*, 1966, 152 (3720).

Ehresmann, C.; Stiegler, P.; Carbon, P. ve Ebel, J.P., “Recent Progress in the Determination of the Primary Sequence of the 16 S RNA of *Escherichia coli*”, *FEBS Letters*, 1977, 84 (2).

Eisen, J.A., “Environmental Shotgun Sequencing: Its Potential and Challenges for Studying the Hidden World of Microbes”, *PLoS Biology*, 2007, 5 (3).

— “Genomic Evolvability and the Origin of Novelty: Studying the Past, Interpreting the Present, and Predicting the Future”, *Microbial Evolution and Co-Adaptation: A Tribute to the Life and Scientific Legacies of Joshua Lederberg*, National Academies Press, Washington, 2009. www.nap.edu/read/12586.

Eisen, J.A. ve Fraser, C.M., “Phylogenomics: Intersection of Evolution and Genomics”, *Science*, 2003, 300 (5626).

Elde, N.C.; Child, S.J.; Eickbush, M.T.; Kitzman, J.O.; Rogers, K.S.; Shendure, K.; Geballe, A.P. ve Malik, H.S., “Poxviruses Deploy Genomic Accordions to Adapt Rapidly Against Holy Antiviral Defenses”, *Cell*, 2012, 150 (4).

Eliot, T.S., “Ivan Emmanuel Wallin. 1883-1969”, *Anatomical Record*, 1971, 171 (1).

Embley, T.M. ve Martin, W., “Eukaryotic Evolution, Changes and Challenges”, *Nature*, 2006, 440 (7084).

- Embley, T.M. ve Williams, T.A., "Steps on the Road to Eukaryotes", *Nature*, 2015, 521 (7551).
- Ernster, L. ve Schatz, G., "Mitochondria: A Historical Review", *Journal of Cell Biology*, 1981, 91 (3).
- Espinal, P.; Marti, S. ve Vila, J., "Effect of Biofilm Formation on the Survival of *Acinetobacter baumannii* on Dry Surfaces", *Journal of Hospital Infection*, 2012, 80 (1).
- Ettema, T.J.G., "Mitochondria in the Second Act", *Nature*, 2016, 531 (7592).
- Eyres, I.; Boschetti, C.; Crisp, A.; Smith, T.P.; Fontaneto, D.; Tunnacliffe, A. ve Barraclough, T.G., "Horizontal Gene Transfer in Bdelloid Rotifers Is Ancient, Ongoing and More Frequent in Species from Desiccating Habitats", *BMC Biology*, 2015, 13 (90).
- Fellner, P. ve Ebel, J.P., "Biological Sciences: Observations on the Primary Structure of the 23S Ribosomal RNA from *E. coli*", *Nature*, 2017, 225 (5238).
- Feschotte, C., "Transposable Elements and the Evolution of Regulatory Networks", *Nature Reviews Genetics*, 2008, 9 (5).
- "Bornavirus Enters the Genome", *Nature*, 2010, 463 (7277).
- "Transposable Elements", *Discoveries in Modern Science: Exploration, Invention, Technology*, yay. haz. Trefil, J., Macmillan Reference USA, Farmington Hills (MI), 2015.
- Feschotte, C. ve Pritham, E.J., "DNA Transposons and the Evolution of Eukaryotic Genomes", *Annual Review of Genetics*, 2007, 41.
- Fitch, W.M. ve Margoliash, E., "Construction of Phylogenetic Trees: A Method Based on Mutation Distances as Estimated from Cytochrome C Sequences Is of General Applicability", *Science*, 1967, 155 (3760).
- Fleischmann, R.D.; Adams, M.D.; White, O.; Clayton, R.A.; Kirkness, E.F.; Kerlavage, A.R.; Bult, C.J.; Tomb, J.F.; Dougherty, B.A.; Merrick, J.M. vd., "Whole-Genome Random Sequencing and Assembly of *Haemophilus influenzae* Rd.", *Science*, 1995, 269 (5223).
- Flot, J.F.; Hespeels, B.; Li, X.; Noel, B.; Arkhipova, I.; Danchin, E.G.J.; Hejnl, A.; Henrissat, B.; Koszul, R.; Aury, J.M. vd., "Genomic Evidence for Ameiotic Evolution in the Bdelloid Rotifer *Adineta vaga*", *Nature*, 2013, 500 (7463).
- Forterre, P.; Gribaldo, S. ve Brochier-Armanet, C., "Natural History of the Archaeal Domain", *Archaea: Evolution, Physiology, and Molecular Biology*, yay. haz. Garnett, R.A. ve Klenk, H.P., Wiley-Blackwell, Hoboken (NJ), 2007.

- Foster, P.G., Cox, C.J. ve Embley, T.M., "The Primary Divisions of Life: A Phylogenomic Approach Employing Composition-Heterogeneous Methods", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2009, 364 (1527).
- Fournier, G.P. ve Alm, E.J., "Ancestral Reconstruction of a Pre-LUCA Aminoacyl-tRNA Synthetase Ancestor Supports the Late Addition of Trp to the Genetic Code", *Journal of Molecular Evolution*, 2015, 80 (3-4).
- Fournier, G.P.; Andam, C.P. ve Gogarten, J.P., "Ancient Horizontal Gene Transfer and the Last Common Ancestors", *BMC Evolutionary Biology*, 2015, 15 (70).
- Fox, G.E.; Stackebrandt, E.; Hespell, R.B.; Gibson, J.; Maniloff, J.; Dyer, T.A.; Wolfe, R.S.; Balch, W.E.; Tanner, R.S.; Magrum, L.J. vd., "The Phylogeny of Prokaryotes", *Science*, 1980, 209 (4455).
- Fox, G.E.; Magrum, L.J.; Balch, W.E.; Wolfe, R.S. ve Woese, C.R., "Classification of Methanogenic Bacteria by 16S Ribosomal RNA Characterization", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1977, 74 (10).
- Fox, G.E.; Pechman, K.R. ve Woese, C.R., "Comparative Cataloging of 16S Ribosomal Ribonucleic Acid: Molecular Approach to Prokaryotic Systematics", *International Journal of Systematic Bacteriology*, 1977, 27 (1).
- Fox, G.E.; Luehrsén, K.R. ve Woese, C.R., "Archaeobacterial 5 S Ribosomal RNA", *Zbl. Bakt. Hyg.*, 1982, C3.
- Fredericks, D.N., (yay. haz.), *The Human Microbiota: How Microbial Communities Affect Health and Disease*, John Wiley&Sons, Hoboken (NJ), 2013.
- Friend, T., *The Third Domain: The Untold Story of Archaea and the Future of Biotechnology*, Joseph Henry Press, Washington, 2007.
- Gardner, P.; Smith, D.H.; Beer, H. ve Moellering Jr., R.C., "Recovery of Resistance (R) Factors from a Drug-Free Community", *Lancet*, 1969, 2 (7624). (Şimdi Cilt 295).
- Garrett, R.A., "A Backward View from 16S rRNA to Archaea to the Universal Tree of Life to Progenotes: Reminiscences of Carl Woese", *RNA Biology*, 2014, 11 (3).
- Garrett, R.A. ve Klenk, H.P. (yay. haz.), *Archaea: Evolution, Physiology, and Molecular Biology*, Wiley-Blackwell, Hoboken (NJ), 2007.
- Gatenby, J.B., "Nature of Cytoplasmic Inclusions", *Nature*, 1928, 121 (3040).
- Gil, E.; Bosch, A.; Lampe, D.; Lizcano, J.M.; Perales, J.C.; Danos, O. ve Chillon, M., "Functional Characterization of the Human *Mariner* Transposon *Hsmar2*", *PLoS One*, 2013, 8 (9).

- Gilbert, C.; Pace II, J.K. ve Feschotte, C., "Horizontal *SPIN*ing of Transposons", *Communicative & Integrative Biology*, 2009, 2 (2).
- Gilbert, C.; Schaack, S.; Pace II, J.K.; Brindley, P.J. ve Feschotte, C., "A Role for Host-Parasite Interactions in the Horizontal Transfer of Transposons Across Phyla", *Nature*, 2010, 464 (7293).
- Gilbert, C.; Hernandez, S.S.; Flores-Benabib, J.; Smith, E.N. ve Feschotte, C., "Rampant Horizontal Transfer of *SPIN* Transposons in Squamate Reptiles", *Molecular Biology and Evolution*, 2011, 29 (2).
- Gilbert, C.; Waters, P.; Feschotte, C. ve Schaack, S., "Horizontal Transfer of OCI Transposons in the Tasmanian Devil", *BMC Genomics*, 2013, 14 (134).
- Gilbert, S.F.; Sapp, J. ve Tauber, A.I., "A Symbiotic View of Life: We Have Never Been Individuals", *Quarterly Review of Biology*, 2012, 87 (4).
- Gilbert, W., "The RNA World", *Nature*, 1986, 319 (6055).
- Gladyshev, E.A.; Meselson, M. ve Irina R. Arkhipova, I.R., "Massive Horizontal Gene Transfer in Bdelloid Rotifers", *Science*, 2008, 320 (5880).
- Gliboff, S., *H.G. Bronn, Ernst Haeckel, and the Origins of German Darwinism: A Study in Translation and Transformation*, MIT Press, Cambridge (MA), 2008.
- Gitschier, J., "The Philosophical Approach: An Interview with Ford Doolittle", *PLoS Genetics*, 2015, 11 (5).
- Goffeau, A.; Barrell, B.G.; Bussey, H.; Davis, R.W.; Dujon, B.; Feldmann, H.; Galibert, F.; Hoheisel, J.D.; Jacq, C.; Johnston, M. vd., "Life with 6000 Genes", *Science*, 1996, 274 (5287).
- Gogarten, J.P., "The Early Evolution of Cellular Life", *TREE*, 1995, 10 (4).
- "Gene Transfer: Gene Swapping Craze Reaches Eukaryotes", *Current Biology*, 2003, 13 (2).
- Gogarten, J.P.; Kibak, H.; Dittrich, P.; Taiz, L.; Bowman, E.J.; Bowman, B.J.; Manolson, M.F.; Poole, R.J.; Date, T.; Oshima, T. vd., "Evolution of the Vacuolar H⁺-ATPase: Implications for the Origin of Eukaryotes", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1989, 86.
- Gogarten, J.P.; Hilario, E. ve Olendzenski, L., "Gene Duplications and Horizontal Gene Transfer During Early Evolution", *Evaluation of Microbial Life*, yay. haz.
- Roberts, D.M.; Sharp, P.; Alderson, G. ve Collins, M.A., Cambridge University Press, Cambridge, 1996.

Gogarten, J.P.; Doolittle, W.F. ve Lawrence, J.G., “Prokaryotic Evolution in Light of Gene Transfer”, *Molecular Biology & Evolution*, 2002, 19 (12).

Gogarten, J.P. ve Townsend, J.P., “Horizontal Gene Transfer, Genome Innovation and Evolution”, *Nature Reviews Microbiology*, 2005, 3 (9).

Gogarten, M.B.; Gogarten, J.P. ve Olendzenski, L. (yay. haz.), *Horizontal Gene Transfer: Genomes in Flux*, Springer/Humana Press, New York.

Gold, L., “The Kingdoms of Carl Woese”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013, 110 (9).

— “Carl Woese in Schenectady: The Forgotten Years”, *RNA Biology*, 2014, 11 (3).

Goldenfeld, N., “Looking in the Right Direction: Carl Woese and Evolutionary Biology”, *RNA Biology*, 2014, 11 (3).

Goldenfeld, N. ve Woese, C., “Biology’s Next Revolution”, *Nature*, 2007, 445 (7126).

Goldman, J.G., “Ad Memoriam. Lynn Margulis (May 5, 1938 - November 22, 2011)”, *Studies in the History of Biology*, 2012, 4 (2).

Goldner, M., “The Genius of Roger Stanier”, *Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology*, 2007, 18 (3).

Gontier, N., “Depicting the Tree of Life: The Philosophical and Historical Roots of Evolutionary Tree Diagrams”, *Evolution: Education and Outreach*, 2011, 4 (3).

Gontier, N. (yay. haz.), *Reticulate Evolution: Symbiogenesis, Lateral Gene Transfer, Hybridization and Infectious Heredity*, Springer, İsviçre, 2015.

Gophna, U. (yay. haz.), *Lateral Gene Transfer in Evolution*, Springer, New York, 2013.

Gordon, J.I., “Honor Thy Gut Symbionts Redux”, *Science*, 2012, 336 (6086).

Gradmann, C., *Laboratory Disease: Robert Koch’s Medical Bacteriology*, çev. Elborg Forster, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2009.

Gray, M.W., “Mitochondrial Evolution”, *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2012, 4 (9).

— “Organelle Evolution, Fragmented rRNAs, and Carl”, *RNA Biology*, 2014, 11 (3).

Gray, M.W. ve Doolittle, W.F., “Has the Endosymbiont Hypothesis Been Proven?” *Microbiological Reviews*, 1982, 46 (1).

Gray, M.W.; Burger, G. ve Lang, B.F., “Mitochondrial Evolution”, *Science*, 1999, 283 (5407).

- Green, R.E.; Krause, J.; Briggs, A.W.; Maricic, T.; Stenzel, U.; Kircher, M.; Patterson, N.; Li, H.; Zhai, W.; Fritz, M.H. vd., "A Draft Sequence of the Neandertal Genome", *Science*, 2010, 328 (5979).
- Griffith, F., "The Significance of Pneumococcal Types", *Journal of Hygiene*, 1928, 27 (2).
- Groopman, J., "Superbugs", *New Yorker*, 2008 (Ağustos 11-18).
- Grow, E.J.; Flynn, R.A.; Chavez, S.L.; Bayless, N.L.; Wossidlo, M.; Wesche, D.J.; Martin, L.; Ware, C.B.; Blish, C.A.; Chang, H.Y. vd., "Intrinsic Retroviral Reactivation in Human Preimplantation Embryos and Pluripotent Cells", *Nature*, 2015, 522 (7555).
- Guy, L. ve Ettema, T.J.G., "The Archaeal 'TACK' Superphylum and the Origin of Eukaryotes", *Trends in Microbiology*, 2011, 19 (12).
- Haeckel, E., *Art Forms from the Ocean: The Radiolarian Atlas of 1862*, 2005, Olaf Breidbach'in giriş yazısıyla, tekrar baskısı, Prestal, Münih, Londra, New York, 2005.
- Haeckel, E.H.P.A., *The History of Creation: Or the Development of the Earth and Its Inhabitants by the Action of Natural Causes*, çev. E. Ray Lankester, tekrar baskı. Ulan Press, San Bernardino. İlk baskısı, D. Appleton, New York, 1880.
- Hagen, J.B., "Five Kingdoms, More or Less: Robert Whittaker and the Broad Classification of Organisms", *BioScience*, 2012, 62 (1).
- Hall, R.M. ve Collis, C.M., "Mobile Gene Cassettes and Integrons: Capture and Spread of Genes by Site-Specific Recombination", *Molecular Microbiology*, 1995, 15 (4).
- Handelsman, J., "Metagenomics: Application of Genomics to Uncultured Microorganisms", *Microbiology and Molecular Biology Review*, 2004, 68 (4).
- Harris, J.R., "The Evolution of Placental Mammals", *FEBS Letters*, 1991, 295 (1-3).
- Harris, J.R., "Placental Endogenous Retrovirus (ERV): Structural, Functional, and Evolutionary Significance", *BioEssays*, 1998, 20 (4).
- Hart, M.W. ve Grosberg, R.K., "Caterpillars Did Not Evolve from Onychophorans by Hybridogenesis", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106 (47).
- Hartl, D.L., "Discovery of the Transposable Element *Mariner*", *Genetics*, 2001, 157 (2).
- Hayes, W., "Genetic Transformation: A Retrospective Appreciation", *Journal of General Microbiology*, 1966, 45 (2).

- Hecht, M.M.; Nitz, N.; Araujo, P.F.; Sousa, A.O.; Rosa, A.C.; Gomes, D.A.; Lonardetz, E. ve Teixeira, A.R.L., "Inheritance of DNA Transferred from American Trypanosomes to Human Hosts", *PLoS ONE*, 2010, 5 (2).
- Hedges, R.W., "The Pattern of Evolutionary Change in Bacteria", *Heredity*, 1972, 28.
- Hehemann, J.H.; Correc, G.; Barbeyron, T.; Helbert, W.; Czjzek, M. ve Michel, G., "Transfer of Carbohydrate-Active Enzymes from Marine Bacteria to Japanese Gut Microbiota", *Nature*, 2010, 464 (7290).
- Heidmann, O.; Vernochet, C.; Dupressoir, A. ve Heidmann, T., "Identification of an Endogenous Retroviral Envelope Gene with Fusogenic Activity and Placenta-Specific Expression in the Rabbit: A New 'Syncytin' in a Third Order of Mammals", *Retrovirology*, 2009, 6 (107).
- Heinemann, J.A. ve Sprague Jr., G.F., "Bacterial Conjugative Plasmids Mobilize DNA Transfer Between Bacteria and Yeast", *Nature*, 1989, 340 (6230).
- Hensel, M. ve Schmidt, H. (yay. haz.), *Horizontal Gene Transfer in the Evolution of Pathogenesis*, Cambridge University Press, New York, 2008.
- Hilario, E. ve Gogarten, J.P., "Horizontal Transfer of ATPase Genes –The Tree of Life Becomes a Net of Life", *BioSystems*, 1993, 31 (2-3).
- Hinegardner, R.T. ve Engelberg, J., "Rationale for a Universal Genetic Code", *Science*, 1963, 142 (3595).
- Hirt, R.P.; Alsmark, C. ve Embley, T.M., "Lateral Gene Transfers and the Origins of the Eukaryotic Proteome: A View from Microbial Parasites", *Current Opinion in Microbiology*, 2015, 23.
- Hitchcock, E., "Ichnology of New England. A Report of the Sandstone of the Connecticut Valley. Especially Its Fossil Footmarks", William White, Printer to the State, Boston, 1858.
- Reminiscences of Amherst College, Historical, Scientific, Biographical and Autobiographical: Also, of Other and Wider Life Experiences*, Bridgman&Childs, Northampton, 1863.
- Hohn, O.; Hanke, K. ve Bannert, N., "HERV-K (HML-2) the Best Preserved Family of HERVs: Endogenization, Expression and Implication in Health and Disease", *Frontiers in Oncology*, 2013, 3 (246).
- Holmes, E.C., "The Evolution of Endogenous Viral Elements", *Cell Host & Microbe*, 2011, 10 (4).

Hooper, L.V. ve Gordon, J.I., "Commensal Host-Bacterial Relationships in the Gut", *Science*, 2001, 292 (5519).

Horikoshi, K., "Barophiles: Deep-Sea Microorganisms Adapted to an Extreme Environment", *Current Opinion in Microbiology*, 1998, 1 (3).

Horvath, P. ve Barrangou, R., "CRISPR/Cas, the Immune System of Bacteria and Archaea", *Science*, 2010, 327 (5962).

Hotchkiss, R.D., "The Identification of Nucleic Acids as Genetic Determinants", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1979, 325.

Huang, J., "Horizontal Gene Transfer in Eukaryotes: The Weak-Link Model", *BioEssays*, 2013, 35 (10).

Huang, J.; Mullapudi, N.; Lancto, C.A.; Scott, M.; Abrahamson, M.S. ve Kissinger, J.C., "Phylogenomic Evidence Supports Past Endosymbiosis, Intracellular and Horizontal Gene Transfer in *Cryptosporidium parvum*", *Genome Biology*, 2004, 5 (11).

Huang, J. ve Gogarten, J.P., "Concerted Gene Recruitment in Early Plant Evolution", *Genome Biology*, 2008, 9 (7).

Hublin, J.J., "The Origin of Neandertals", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106 (38).

Hug, L.A.; Baker, B.J.; Anantharaman, K.; Brown, C.T.; Probst, A.J.; Castelle, C.J.; Butterfield, C.N.; Hershberg, A.W.; Amano, Y.; Ise, K. vd., "A New View of the Tree of Life", *Nature Microbiology*, 2016, 1 (makale no. 16048).

Hull, D.L., *Science as a Process: An Evolutionary Account of the Social and Conceptual Development of Science*, University of Chicago Press, Chicago ve Londra, 1988.

Hunt, L.T., "Margaret O. Dayhoff, 1925-1983", *DNA and Cell Biology*, 1983, 2 (2).

Husnik, F.; Nikoh, N.; Koga, R.; Ross, L.; Duncan, R.P.; Fujie, M.; Tanaka, M.; Satoh, N.; Bachtrog, D.; Wilson, A.C.C. vd., "Horizontal Gene Transfer from Diverse Bacteria to an Insect Genome Enables a Tripartite Nested Mealybug Symbiosis", *Cell*, 2013, 153 (7).

Ioannidis, P.; Johnston, K.L.; Riley, D.R.; Kumar, N.; White, J.R.; Olarte, K.T.; Ott, S.; Tallon, L.J.; Foster, J.M.; Taylor, M.J. ve Dunning Hotopp, J., "Extensively Duplicated and Transcriptionally Active Recent Lateral Gene Transfer from a Bacterial *Wolbachia* Endosymbiont to Its Host Filarial Nematode *Brugia malayi*", *BMC Genomics*, 2013, 14 (639).

Ishino, Y.; Shinagawa, H.; Makino, K.; Amemura, M. ve Nakata, A., "Nucleotide Sequence of the *iap* Gene, Responsible for Alkaline Phosphatase Isozyme Conversion in *Escherichia coli*, and Identification of the Gene Product", *Journal of Bacteriology*, 1987, 169 (12).

Ivancevic, A.M.; Walsh, A.M.; Kortschak, R.D. ve Adelson, D.L., "Jumping the Fine LINE Between Species: Horizontal Transfer of Transposable Elements in Animals Catalyses Genome Evolution", *BioEssays*, 2013, 35 (12).

Iwabe, N.; Kuma, K.; Hasegawa, M.; Osawa, S. ve Miyata, T., "Evolutionary Relationship of Archaeobacteria, Eubacteria, and Eukaryotes Inferred from Phylogenetic Trees of Duplicated Genes", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1989, 86 (23).

Jain, R.; Rivera, M.C. ve Lake, J.A., "Horizontal Gene Transfer Among Genomes: The Complexity Hypothesis", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1999, 96 (7).

Jansen, R.; Embden, J.D.A.; Gastra, W. ve Schouls, L.M., "Identification of Genes That Are Associated with DNA", *Molecular Microbiology*, 2002, 43 (6).

Jennison, A.V. ve Verma, N.K., "*Shigella flexneri* Infection: Pathogenesis and Vaccine Development", *FEMS Microbiology Review*, 2004, 28 (10).

Jinek, M.; Chylinski, K.; Fonfara, I.; Hauer, M.; Doudna, J.A. ve Charpentier, E., "A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity", *Science*, 2012, 337 (6096).

Jones, D. ve Sneath, P.H.A., "Genetic Transfer and Bacterial Taxonomy", *Bacteriological Reviews*, 1970, 34 (1).

Judson, H.F., *The Eighth Day of Creation: The Makers of the Revolution in Biology*, Simon&Schuster, New York, 1979.

Kandler, O., ve Hippe, H., "Lack of Peptidoglycan in the Cell Walls of *Methanosarcina barkeri*", *Archives of Microbiology*, 1977, 113 (1-2).

Kandler, O. (yay. haz.), *Archaeobacteria*, Gustav Fischer, Stuttgart, 1982.

Kapusta, A.; Kronenberg, Z.; Lynch, V.J.; Zhuo, X.; Ramsay, L.; Bourque, G.; Yandell, M. ve Feschotte, C., "Transposable Elements Are Major Contributors to the Origin, Diversification, and Regulation of Vertebrate Long Noncoding RNAs", *PLOS Genetics*, 2013, 9 (4).

Katzourakis, A. ve Gifford, R.J., "Endogenous Viral Elements in Animal Genomes", *PLoS Genetics*, 2010, 6 (11).

Kauffman, S., *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press, New York, 1993.

— *At Home in the Universe: The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity*, Oxford University Press, New York, 1995.

Kay, L.E., “Biopower: Reflections on the Rise of Molecular Biology”, *Science, History and Social Activism: A Tribute to Everett Mendelsohn*, yay. haz. Allen, G.E. ve MacLeod, R.M., Boston Bilim Felsefesi Araştırmaları, Cilt 228, Springer, Dordrecht, 2001.

Keeling, P.J.; Burger, G.; Durnford, D.G.; Lang, B.F.; Lee, R.W.; Pearlman, R.E.; Roger, A.J. ve Gray, M.W. “The Tree of Eukaryotes”, *Trends in Ecology and Evolution*, 2005, 20 (12).

Keeling, P.J. ve Palmer, J.D., “Horizontal Gene Transfer in Eukaryotic Evolution”, *Nature Reviews Genetics*, 2008, 9 (8).

Keeling, P.J.; McCutcheon, J.P. ve Doolittle, W.F., “Symbiosis Becoming Permanent: Survival of the Luckiest”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015, 112 (33).

Keller, E.F., *A Feeling for the Organism: The Life and Work of Barbara McClintock*, W.H. Freeman/Holt Paperback, New York, 1983.

— “One Woman and Her Theory”, *New Scientist*, 1986, (3 Temmuz).

Keynes, R.D. (yay. haz.), *Charles Darwin's Beagle Diary*, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.

Khakhina, L.N., *Concepts of Symbiogenesis: A Historical and Critical Study of the Research of Russian Botanists*, yay. haz. Margulis, L. ve McMenamin, M., çev. Merkel, S. ve Coalson, R., Yale University Press, New Haven, 1992.

Koning, A. P.; Brinkman, F.S.L.; Jones, S.J.M. ve Keeling, P.J., “Lateral Gene Transfer and Metabolic Adaptation in the Human Parasite *Trichomonas vaginalis*”, *Molecular Biology & Evolution*, 2000, 17 (11).

Koonin, E.V., “Horizontal Gene Transfer: The Path to Maturity”, *Molecular Microbiology*, 2003, 50 (3).

— “On the Origin of Cells and Viruses: Primordial Virus World Scenario”, *Annual Review of the New York Academy of Sciences*, 2009, 1178.

— “Darwinian Evolution in the Light of Genomics”, *Nucleic Acids Research*, 2009, 37 (4).

— *The Logic of Chance: The Nature and Origin of Biological Evolution*, Pearson Education, Upper Saddle River, 2012.

— “Carl Woese’s Vision of Cellular Evolution and the Domains of Life”, *RNA Biology*, 2014, 11 (3).

— “Origin of Eukaryotes from Within Archaea, Archaeal Eukaryome and Bursts of Gene Gain: Eukaryogenesis Just Made Easier?”, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2015, 370 (1678).

— “Why the Central Dogma: On the Nature of the Great Biological Exclusion Principle”, *Biology Direct*, 2015, 10 (52).

Koonin, E.V.; Makarova, K.S. ve Aravind, L., “Horizontal Gene Transfer in Prokaryotes: Quantification and Classification”, *Annual Review of Microbiology*, 2001, 55.

Koonin, E.V.; Senkevich, T.G. ve Dolja, V.V., “The Ancient Virus World and Evolution of Cells”, *Biology Direct*, 2006, 1 (29).

Koonin, E.V. ve Wolf, Y.I., “Is Evolution Darwinian or/and Lamarckian?”, *Biology Direct*, 2009, 4 (42).

— “Evolution of Microbes and Viruses: A Paradigm Shift in Evolutionary Biology?”, *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 2012, 2 (119).

Kordis, D. ve Gubensek, F., “Unusual Horizontal Transfer of a Long Interspersed Nuclear Element Between Distant Vertebrate Classes”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1998, 95 (18).

Kozo-Polyansky, B.M., *Symbiogenesis: A New Principle of Evolution*, yay. haz. Fet, V. ve Margulis, L., çev. Fet, V. giriş yazısı: Raven, P.H., Harvard University Press, Cambridge, 2010.

Kresge, N.; Simoni, R.D. ve Hill, R.L., “The Molecular Genetics of Bacteriophage: The Work of Norton Zinder”, makale serisi “JBC Centennial 1905-2005, 100 Years of Biochemistry and Molecular Biology”, *Journal of Biological Chemistry*, 2011, 286 (25).

Kruif, P. de., *Microbe Hunters*, Pocket Books, New York, 1940. İlk baskısı 1926.

Ku, C.; Nelson-Sathi, S.; Roettger, M.; Garg, S.; Hazkani-Covo, E. ve Martin, W.F., “Endosymbiotic Gene Transfer from Prokaryotic Pangenomes: Inherited Chimerism in Eukaryotes”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015, 112 (33).

Kurland, C.G., “What Tangled Web: Barriers to Rampant Horizontal Gene Transfer”, *BioEssays*, 2005, 27 (7).

Lacroix, B. ve Citovsky, V., "Transfer of DNA from Bacteria to Eukaryotes", *mBio*, 2016, 7 (4).

Lake, J.A., "Origin of the Metazoa", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1990, 87 (2).

— "Reconstructing Evolutionary Trees from DNA and Protein Sequences: Paralineal Distances", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1994, 91 (4).

— "Eukaryotic Origins", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2015, 370 (1678).

Lake, J.A.; Henderson, E.; Oakes, M. ve Clark, M.W., "Eocytes: A New Ribosome Structure Indicates a Kingdom with a Close Relationship to Eukaryotes", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1984, 81 (12).

Lake, J.A. ve Rivera, M.C., "Deriving the Genomic Tree of Life in the Presence of Horizontal Gene Transfer: Conditioned Reconstruction", *Molecular Biology and Evolution*, 2004, 21 (4).

Lake, J.A. ve Sinsheimer, J.S., "The Deep Roots of the Rings of Life", *Genome Biology and Evolution*, 2013, 5 (12).

Land, M.; Hauser, L.; Jun, S.R.; Nookaew, I.; Leuze, M.R.; Ahn, T.H.; Karpinets, T.; Lund, O.; Kora, G.; Wassenaar, T.; Poudel, S. ve Ussey, D.W., "Insights from 20 Years of Bacterial Genome Sequencing", *Functional & Integrative Genomics*, 2015, 15 (2).

Lander, E.S., "The Heroes of CRISPR", *Cell*, 2015, 164 (1-2).

Lander, E.S.; Linton, L.M.; Birren, B.; Nusbaum, C.; Zody, M.C.; Baldwin, J.; Devon, K.; Dewar, K.; Doyle, M.; FitzHugh, W. vd., "Initial Sequencing and Analysis of the Human Genome", *Nature*, 2001, 409 (6822).

Lane, D.J.; Stahl, D.A.; Olsen, G.J.; Heller, D.J. ve Pace, N.R., "Phylogenetic Analysis of the Genera *Thiobacillus* and *Thiomicrospira* by 5S rRNA Sequences", *Journal of Bacteriology*, 1985, 163 (1).

Lane, D.J.; Pace, B.; Olsen, G.J.; Stahl, D.A.; Sogin, M.L. ve Pace, N.R., "Rapid Determination of 16S Ribosomal RNA Sequences for Phylogenetic Analyses", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1985, 82 (20).

Lane, N., *The Vital Question: Energy, Evolution, and the Origins of Complex Life*, W. W. Norton, New York, 2015.

— "The Unseen World: Reflections on Leeuwenhoek (1677) 'Concerning Little Animals'", *Philosophical Transaction of the Royal Society of London (B)*, 2015, 370 (1666).

Lane, N. ve Martin, W., "The Energetics of Genome Complexity", *Nature*, 2010, 467 (7318).

Lang, B.F.; Burger, G.; O'Kelly, C.J.; Cedergren, R.; Golding, G.B.; Lemieux, C.; Sankoff, D.; Turmel, M. ve Gray, M.W., "An Ancestral Mitochondrial DNA Resembling a Eubacterial Genome in Miniature", *Nature*, 1997, 387 (6632).

Lapierre, P.; Lasek-Nesselquist, E. ve Gogarten, J.P., "The Impact of HGT on Phylogenomic Reconstruction Methods", *Briefings in Bioinformatics*, 2012, 15 (1).

Lavialle, C.; Cornelius, G.; Dupressoir, A.; Esnault, C.; Heidmann, O.; Vernochet, C. ve Heidmann, T., "Paleovirology of 'Syncytins,' Retroviral *Env* Genes Exapted for a Role in Placentation", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2013, 368 (1626).

Lawrence, J.G., "Why Genomics Is More Than Genomes", *Genome Biology*, 2004, 5 (12).

Lawrence, J.G. ve Roth, J.R., "Selfish Operons: Horizontal Transfer May Drive the Evolution of Gene Clusters", *Genetics*, 1996, 143 (4).

Lawrence, J.G. ve Ochman, H., "Amelioration of Bacterial Genomes: Rates of Change and Exchange", *Journal of Molecular Evolution*, 1997, 44 (4).

— "Molecular Archaeology of the *Escherichia coli* Genome", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1998, 95 (16).

Lawrence, J.G. ve Hendrickson, H., "Lateral Gene Transfer: When Will Adolescence End?", *Molecular Microbiology*, 2003, 50 (3).

Lawrence, J.G. ve Retchless, A.C., "The Interplay of Homologous Recombination and Horizontal Gene Transfer in Bacterial Speciation", *Horizontal Gene Transfer: Genomes in Flux*, Gogarten, M.B.; Gogarten, J.P. ve Olendzenski, L. (yay. haz.), Springer/Humanz Press, New York, 2009.

Lawrence, J.G. ve Retchless, A.C., "The Myth of Bacterial Species and Speciation", *Biology & Philosophy*, 2010, 25 (4).

Lawrence, P.J., "Edward Hitchcock: The Christian Geologist", *Proceedings of the American Philosophical Society*, 1972, 116 (1).

Leahy, S.C.; Kelly, W.J.; Altermann, E.; Ronimus, R.S.; Yeoman, C.J.; Pacheco, D.M.; Li, D.; Kong, Z.; McTavish, S.; Sang, C. vd., "The Genome Sequence of the Rumen Methanogen *Methanobrevibacter ruminantium* Reveals New Possibilities for Controlling Ruminant Methane Emissions", *PLoS ONE*, 2010, 5 (1).

- Lederberg, J., "Cell Genetics and Hereditary Symbiosis", *Physiological Reviews*, 1952, 32 (4).
- "Genetic Recombination in Bacteria: A Discovery Account", *Annual Review of Genetics*, 1987, 21.
- "Bacterial Variation Since Pasteur: Rummaging in the Attic: Antiquarian Ideas of Transmissible Heredity, 1880-1940", *ASM News*, 1992, 58 (5).
- "The Transformation of Genetics by DNA: An Anniversary Celebration of Avery, MacLeod ve McCarty (1944)", *Genetics*, 1994, 136 (2).
- Lederberg, J. ve Tatum, E.L., "Gene Recombination in *Escherichia coli*", *Nature*, 1976a, 158 (4016).
- "Novel Genotypes in Mixed Cultures of Biochemical Mutants of Bacteria", *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 1946b, 11.
- Lederberg, J. ve Zinder, N., "Concentration of Biochemical Mutants of Bacteria with Penicillin", *Journal of the American Chemical Society*, 1948, 70 (12).
- Lederberg, J.; Cavalli, L.L. ve Lederberg, E.M., "Sex Compatibility in *Escherichia coli*", *Genetics*, 1952, 37 (6).
- Lederberg, J. ve Tatum, E.L., "Sex in Bacteria: Genetic Studies, 1945-1952", *Science*, 1953, 118 (3059).
- Lederberg, J. ve Lederberg, E.M., "V. Infection and Heredity", *Cellular Mechanisms in Differentiation and Growth*, yay. haz. Rudnick, D., Princeton University Press, Princeton (NJ), 1956 .
- Levine, D.P., "Vancomycin: A History", *Clinical Infectious Diseases*, 2006, 42 (Suppl. 1).
- Levy, S.B., MD., *The Antibiotic Paradox: How the Misuse of Antibiotics Destroys Their Curative Powers*, 2. Baskı, Perseus, Cambridge (MA), 2002. İlk baskısı 2001.
- Levy, S.B. ve Norman, P., "Segregation of Transferable R Factors into *Escherichia coli* Minicells", *Nature*, 1970, 227 (5258).
- Levy, S.B.; FitzGerald, G.B. ve Maccone, A.B., "Changes in Intestinal Flora of Farm Personnel After Introduction of a Tetracycline-Supplemented Feed on a Farm", *New England Journal of Medicine*, 1976a, 295 (11).
- "Spread of Antibiotic-Resistant Plasmids from Chicken to Chicken and from Chicken to Man", *Nature*, 1976b, 260 (5546).

- Levy, S.B. ve McMurry, L., "Plasmid-Determined Tetracycline Resistance Involves New Transport Systems for Tetracycline", *Nature*, 1978, 276 (5683).
- Lewin, H.A., "Memories of Carl from an Improbable Friend", *RNA Biology*, 2014, 11 (3).
- Lewin, R., "Can Genes Jump Between Eukaryotic Species?", *Science*, 1982, 217 (4554).
- Ley, R.E.; Turnbaugh, P.J.; Klein, S. ve Gordon, J.I., "Human Gut Microbes Associated with Obesity", *Nature*, 2006, 444 (7122).
- Liu, L.; Chen, X.; Skogerbo, G.; Zhang, P.; Chen, R.; He, S. ve Huang, D.W., "The Human Microbiome: A Hot Spot for Microbial Horizontal Gene Transfer", *Genomics*, 2012, 100 (5).
- Liu, Y.Y.; Wang, Y.; Walsh, T.R.; Yi, L.X.; Zhang, R.; Spencer, J.; Doi, Y.; Tian, G.; Dong, B.; Huang, X. vd., "Emergence of Plasmid-Mediated Colistin Resistance Mechanism MCR-1 in Animals and Human Beings in China: A Microbiological and Molecular Biological Study", *Lancet Infectious Diseases*, 2015, 16 (2).
- Löwer, R.; Löwer, J. ve Kurth, R., "The Viruses in All of Us: Characteristics and Biological Significance of Human Endogenous Retrovirus Sequences", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1996, 93 (11).
- Luehrsen, K.R., "Remembering Carl Woese", *RNA Biology*, 2014, 11 (3).
- Lynch, V.J., "A Copy-and-Paste Gene Regulatory Network", *Science*, 2016, 351 (6277).
- Lynch, V.J.; Leclerc, R.D.; May, G. ve Wagner, G.P., "Transposon-Mediated Rewiring of Gene Regulatory Networks Contributed to the Evolution of Pregnancy in Mammals", *Nature Genetics*, 2011, 43 (11).
- Ma, H.; Marti-Gutierrez, N.; Park, S.W.; Wu, J.; Lee, Y.; Suzuki, K.; Koski, A.; Ji, D.; Hayama, T.; Ahmed, R. vd., "Correction of a Pathogenic Gene Mutation in Human Embryos", *Nature*, 2017, 548 (7668).
- Ma, L.J.; van der Does, H.C.; Borkovich, K.A.; Coleman, J.L.; Daboussi, M.J.; Di Pietro, A.; Dufresne, M.; Freitag, M.; Grabherr, M.; Henrissat B. vd., "Comparative Genomics Reveals Mobile Pathogenicity Chromosomes in *Fusarium*", *Nature*, 2010, 464 (7287).
- Magiorkinis, G.; Gifford, R.J.; Katzourakis, A.; De Ranter, J. ve Belshaw, R., "Env-less Endogenous Retroviruses Are Genomic Superspreaders", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, 109 (19).

Makarova, K.S.; Aravind, L.; Grishin, N.V.; Rogozin, I.B. ve Koonin, E.V., "A DNA Repair System Specific for Thermophilic Archaea and Bacteria Predicted by Genomic Context Analysis", *Nucleic Acids Research*, 2002, 30 (2).

Mallet, J.; Besansky, N. ve Hahn, M.W., "How Reticulated Are Species?", *BioEssays*, 2016, 37.

Mangeney, M.; Renard, M.; Schecht-Louf, G.; Bouallaga, I.; Heidmann, O.; Letzelter, C.; Richaud, A.; Ducos, B. ve Heidmann, T., "Placental Syncytins: Genetic Disjunction Between the Fusogenic and Immunosuppressive Activity of Retroviral Envelope Proteins", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007, 104 (51).

Margulis, L., *Origin of Eukaryotic Cells: Evidence and Research Implications for a Theory of Origin and Evolution of Microbial, Plant, and Animal Cells on the Precambrian Earth*, Yale University Press, New Haven (CT), 1970.

— "Undulipodia, Flagella and Cilia", *BioSystems*, 1980, 12 (1-2).

— *Symbiosis in Cell Evolution: Microbial Communities in the Archean and Proterozoic Eons*, 2. Baskı, W. H. Freeman, New York, 1993. İlk baskısı 1981.

— *Symbiotic Planet: A New Look at Evolution*, Basic Books, New York, 1998.

Margulis, L. ve Sagan, D., *Microcosmos: Four Billion Years of Microbial Evolution*, önsöz Dr. Lewis Thomas, Summit Books, New York, 1986.

— *Acquiring Genomes: A Theory of the Origins of Species*, Basic Books, New York.

Margulis, L. ve Schwartz, K.V., *Five Kingdoms: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*, önsöz Stephen Jay Gould, 2. Baskı, W. H. Freeman, New York, 1988. İlk yayını 1982.

Marraffini, L.A., "CRISPR-Cas Immunity Against Phages: Its Effects on the Evolution and Survival of Bacterial Pathogens", *PLOS Pathogens*, 2013, 9 (12).

Marraffini, L.A. ve Sontheimer, E.J., "CRISPR Interference Limits Horizontal Gene Transfer in *Staphylococci* by Targeting DNA", *Science*, 2008, 322 (5909).

Marshall, K.C. (yay. haz.), *Advances in Microbial Ecology*, Cilt 9, Plenum Press, New York, 1986.

Martin Jr., J.P. ve Fridovich, I., "Evidence for a Natural Gene Transfer from the Ponyfish to Its Bioluminescent Bacterial Symbiont *Photobacter leiognathi*", *Journal of Biological Chemistry*, 1981, 256 (12).

Martin, M., "Casting a Long Shadow in the Classroom: An Educator's Perspective of the Contributions of Carl Woese", *RNA Biology*, 20114, 11 (3).

Martin, W., "Mosaic Bacterial Chromosomes: A Challenge En Route to a Tree of Genomes", *BioEssays*, 1999, 21.

— "Archaeobacteria (Archaea) and the Origin of the Eukaryotic Nucleus", *Current Opinion in Microbiology*, 2005, 8 (6).

Martin, W.F., "Is Something Wrong with the Tree of Life?", *BioEssays*, 1996, 18 (7).

Martin, W. ve Cerff, R., "Prokaryotic Features of a Nucleus-Encoded Enzyme: cDNA Sequences for Chloroplast and Cytosolic Glyceraldehyde-3-Phosphate Dehydrogenases from Mustard (*Sinapis alba*)", *European Journal of Biochemistry*, 1986, 159 (2).

Martin, W. ve Herrmann, R.G., "Gene Transfer from Organelles to the Nucleus: How Much, What Happens, and Why?", *Plant Physiology*, 1998, 118 (1).

Martin, W. ve Müller, M., "The Hydrogen Hypothesis for the First Eukaryote", *Nature*, 1998, 392 (6671).

Martin, W. ve Kowallik, K.V., "Annotated English Translation of Mereschowsky's 1905 Paper 'Über Natur und Ursprung der Chromatophoren im Pflanzenreiche'", *European Journal of Phycology*, 1999, 34.

Martin, W. ve Koonin, E.V., "Introns and the Origin of Nucleus-Cytosol Compartmentalization", *Nature*, 2006, 440 (7080).

Martin, W.; Baross, J.; Kelley, D. ve Russell, M.J., "Hydrothermal Vents and the Origin of Life", *Nature Reviews Microbiology*, 2008, 6 (11).

Martin, W.; Roettger, M.; Kloesges, T.; Thiergart, T.; Woehle, C.; Gould, S. ve Dagan, T., "Modern Endosymbiotic Theory: Getting Lateral Gene Transfer into the Equation", *Journal of Endocytobiosis and Cell Research*, 2012, 23.

Marx, J., "New Bacterial Defense Against Phage Invaders Identified", *Science*, 2007, 315 (5819).

Mather, A.E.; Baker, K.S.; McGregor, H.; Coupland, P.; Mather, P.L.; Ana Deheer-Graham, A.; Parkhill, J.; Bracegirdle, P.; Russell, J.E. ve Thomson, N.R., "Bacillary Dysentery from World War 1 and NCTC1, the First Bacterial Isolate in the National Collection", *Lancet*, 2014, 384 (9955).

Mayr, E., *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge (MA), 1982.

McCarroll, R.; Olsen, G.J.; Stahl, Y.D.; Woese, C.R. ve Sogin, M.L., "Nucleotide Sequence of the *Dictyostelium discoideum* Small-Subunit Ribosomal Ribonucleic Acid Inferred from the Gene Sequence: Evolutionary Implications", *Biochemistry*, 1983, 22 (25).

McCarty, M., *The Transforming Principle: Discovering That Genes Are Made of DNA*, W.W. Norton, New York, 1985.

McCutcheon, J.P., "Genome Evolution: A Bacterium with a Napoleon Complex", *Current Biology*, 2013, 23 (15).

McCutcheon, J.P. ve Moran, N.A., "Parallel Genomic Evolution and Metabolic Interdependence in an Ancient Symbiosis", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007, 104 (49).

— "Functional Convergence in Reduced Genomes of Bacterial Symbionts Spanning 200 My of Evolution", *Genome Biology and Evolution*, 2010, 2.

— "Extreme Genome Reduction in Symbiotic Bacteria", *Nature Reviews Microbiology*, 2012, 10 (1).

McCutcheon, J.P. ve von Dohlen, C.D., "An Interdependent Metabolic Patchwork in the Nested Symbiosis of Mealybugs", *Current Biology*, 2011, 21 (16).

McCutcheon, J.P. ve Keeling, P.J., "Endosymbiosis: Protein Targeting Further Erodes the Organelle/Symbiont Distinction", *Current Biology*, 2014, 24 (14).

McInerney, J.O., "A Four Billion Year Old Metabolism", *Nature Microbiology*, 2016, 1 (9).

McInerney, J.O.; O'Connell, M.J. ve Pisani, D., "The Hybrid Nature of the Eukaryota and a Consilient View of Life on Earth", *Nature Reviews Microbiology*, 2014, 12 (6).

McInerney, J.O., Pisani, D. ve O'Connell, M.J., "The Ring of Life Hypothesis for Eukaryote Origins Is Supported by Multiple Kinds of Data", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2015, 370 (1678).

McKenna, M., *Superbug: The Fatal Menace of MRSA*, Free Press, New York, 2010.

Merejkovsky, C. de, Prof. Dr., "La Plante Considerée Comme Un Complexe Symbiotique", *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest*, 1920, Seri 3 (6).

Mereschkowsky, M.C., "On a New Genus of Sponge", *Annals and Magazine of Natural History*, 1878, Seri 5, 1 (1).

Metcalf, J.A.; Funkhouser-Jones, L.J.; Brileya, K.; Reysenbach, A.L. ve Bordenstein, S.R., "Antibacterial Gene Transfer Across the Tree of Life", 2014, *eLife*. <https://elifesciences.org/articles/04266>.

Mi, S.; Lee, X.; Li, X.P.; Veldman, G.M.; Finnerty, H.; Racie, L.; LaVallie, E.; Tang, X.Y.; Edouard, P.; Howes, S. vd., "Syncytin Is a Captive Retroviral Envelope Protein Involved in Human Placental Morphogenesis", *Nature*, 2000, 403 (6771).

- Miller, D., Urdaneta, V. ve Weltman, A., "Vancomycin-Resistant *Staphylococcus aureus* - Pennsylvania, 2002", *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2002, 51 (40).
- Mirsky, A.E., "The Discovery of DNA", *Scientific American*, 1968, 218 (6).
- Modi, S.R., Collins, J.J. ve Relman, D.A., "Antibiotics and the Gut Microbiota", *Journal of Clinical Investigation*, 2014, 124 (10).
- Mojica, F.J.M.; Diez-Villasenor, C.; Soria, E. ve Juez, G., "MicroCorrespondence", *Molecular Microbiology*, 2000, 26 (1).
- Mojica, F.J.M.; Diez-Villasenor, C.; Garcia-Martinez, J. ve Soria, E., "Intervening Sequences of Regularly Spaced Prokaryotic Repeats Derive from Foreign Genetic Elements", *Journal of Molecular Evolution*, 2005, 60 (2).
- Moore, P.B., "Carl Woese: A Structural Biologist's Perspective", *RNA Biology*, 2014, 11 (3).
- Moran, N.A., ve Baumann, P., "Bacterial Endosymbionts in Animals", *Current Opinion in Microbiology*, 2000, 3 (3).
- Moran, N.A.; McCutcheon, J.P. ve Nakabachi, A., "Genomics and Evolution of Heritable Bacterial Symbionts", *Annual Review of Genetics*, 2008, 42.
- Moran, N.A. ve Jarvik, T., "Lateral Transfer of Genes from Fungi Underlies Carotenoid Production in Aphids", *Science*, 2010, 328 (5978).
- Morange, M., "CRISPR-Cas: The Discovery of an Immune System in Prokaryotes", *Journal of Biosciences*, 2015, 40 (2).
- Morell, V., "Life's Last Domain", *Science*, 1996, 273 (5278).
- "Microbiology's Scarred Revolutionary", *Science*, 1997, 276 (5313).
- Morens, D.M.; Taubenberger, J.K. ve Fauci, A.S., "Predominant Role of Bacterial Pneumonia as a Curse of Death in Pandemic Influenza: Implications for Pandemic Influenza Preparedness", *Journal of Infectious Diseases*, 2008, 198 (7).
- Morgan, G.J., "Emile Zuckerkandl, Linus Pauling, and the Molecular Evolutionary Clock, 1959-1965", *Journal of the History of Biology*, 1998, 31 (2).
- Morris, J.G., "Roger Yate Stanier, 1916-1982", *Journal of General Microbiology*, 1983, 129.
- Mukherjee, S., *The Gene: An Intimate History*, Scribner, New York, 2016.
- Nair, P., "Woese and Fox: Life, Rearranged", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, 109 (4).

- Nelson, K.E.; Clayton, R.A.; Gill, S.R.; Gwinn, M.L.; Dodson, R.J.; Haft, D.H.; Hickey, E.K.; Peterson, J.D.; Nelson, W.C.; Ketchum, K.A. vd., "Evidence for Lateral Gene Transfer Between Archaea and Bacteria from Genome Sequence of *Thermotoga maritima*", *Nature*, 1999, 399 (6734).
- Nelson-Sathi, S.; Sousa, F.L.; Roettger, M.; Lozada-Chavez, N.; Thiergart, T.; Janssen, A.; Bryant, D.; Landan, G.; Schönheit, P.; Siebers, B.; McInerney, J.O. ve William F. Martin, W.F., "Origins of Major Archaeal Clades Correspond to Gene Acquisitions from Bacteria", *Nature*, 2015, 517 (7532).
- Ng, H. J.; Lopez-Perez, M.; Webb, H.K.; Gomez, D.; Sawabe, T.; Ryan, J.; Vyssotski, M.; Bizet, C.; Malherbe, F.; Mikhailov, V.V.; Crawford, R.J. ve Ivanova, E.P., "*Marinobacter salarius* sp. nov. and *Marinobacter similis* sp.nov., Isolated from Sea Water", *PLoS One*, 2014, 9 (9).
- Nikoh, N.; Tanaka, K.; Shibata, F.; Kondo, N.; Hizume, M.; Shimada, M. ve Fukatsu, T., "*Wolbachia* Genome Integrated in an Insect Chromosome: Evolution and Fate of Laterally Transferred Endosymbiont Genes", *Genome Research*, 2008, 18 (2).
- Noble, W.D.; Virani, Z. ve Cree, R.G.A., "Co-Transfer of Vancomycin and Other Resistance Genes from *Enterococcus faecalis* NCTC 12201 to *Staphylococcus aureus*", *FEMS Microbiology Letters*, 1992, 72 (2).
- Noller, H.F., "By Ribosome Possessed", *Journal of Biological Chemistry*, 2013, 288 (34).
- "Carl Woese (1928-2012): Discoverer of Life's Third Domain, the Archaea", *Nature*, 2013, 493 (7434).
- "Secondary Structure Adventures with Carl Woese", *RNA Biology*, 2014, 11 (3).
- Nowak, R., "Bacterial Genome Sequence Bagged", *Science*, 1995, 269 (5223).
- Ochman, H.; Lawrence, J.G. ve Groisman, E.A., "Lateral Gene Transfer and the Nature of Bacterial Innovation", *Nature*, 2000, 405 (6784).
- Olby, R., ve Posner, E., "An Early Reference to Genetic Coding", *Nature*, 1967, 215 (5100).
- Olsen, G.J.; Lane, D.J.; Giovannoni, S.J. ve Pace, N.R., "Microbial Ecology and Evolution: A Ribosomal RNA Approach", *Annual Review of Microbiology*, 1986, 40.
- Olsen, G.J.; Woese, C.R. ve Overbeek, R., "The Winds of (Evolutionary) Change: Breathing New Life into Microbiology", *Journal of Bacteriology*, 1994, 176 (1).

- Olsen, G.J. ve Woese, C.R., "Archaeal Genomics: An Overview", *Cell*, 1997, 89 (7).
- O'Malley, M.A., "What Did Darwin Say About Microbes, and How Did Microbiology Respond?", *Trends in Microbiology*, 2009, 17 (8).
- O'Malley, M.A. ve Dupre, J., "Size Doesn't Matter: Towards a More Inclusive Philosophy of Biology", *Biology & Philosophy*, 2007, 22 (2).
- O'Malley, M.A.; Martin, W. ve Dupre, J., "The Tree of Life: Introduction to an Evolutionary Debate", *Biology & Philosophy*, 2010, 25 (4).
- O'Malley, M.A. ve Koonin, E.V., "How Stands the Tree of Life a Century and a Half After *The Origin*?", *Biology Direct*, 2011, 6 (32).
- Orgel, L.E. ve Crick, F.H.C., "Selfish DNA: The Ultimate Parasite", *Nature*, 1980, 284 (5757).
- Orgel, L.E.; Crick, F.H.C. ve Sapienza, C., "Selfish DNA", *Nature*, 1980, 288 (5792).
- Pääbo, S., "The Mosaic That Is Our Genome", *Nature*, 2003, 421 (6921).
- *Neanderthal Man: In Search of Lost Genomes*, Basic Books, New York, 2014.
- Pace, J.K., II, ve Feschotte, C., "The Evolutionary History of Human DNA Transposons: Evidence for Intense Activity in the Primate Lineage", *Genome Research*, 2007, 17 (4).
- Pace, J.K., II; Gilbert, C.; Clark, M.S. ve Feschotte, C., "Repeated Horizontal Transfer of a DNA Transposon in Mammals and Other Tetrapods", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008, 105 (44).
- Pace, N.R., Bishop, D.H.L. ve Spiegelman, S., "The Kinetics of Product Appearance and Template Involvement in the *In Vitro* Replication of Viral RNA", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1967, 58 (2).
- Pace, N.R., "A Molecular View of Microbial Diversity and the Biosphere", *Science*, 1997, 276 (5313).
- "Time For a Change", *Nature*, 2006, 441 (7091).
- "The Molecular Tree of Life Changes How We See, Teach Microbial Diversity", *Microbe*, 2008, (1).
- "Mapping the Tree of Life: Progress and Prospects", *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 2009, 73 (4).
- Pace, N.R.; Olsen, G.J. ve Woese, C.R., "Ribosomal RNA Phylogeny and the Primary Lines of Evolutionary Descent", *Cell*, 1986, 45 (3).

Pace, N.R.; Stahl, D.A.; Lane, D.J. ve Olsen, G.J., "The Analysis of Natural Microbial Populations by Ribosomal RNA Sequences", *Advances of Microbial Ecology*, Cilt 9, Marshall, K.C. (yay. haz.), Plenum Press, New York.

Pace, N.; Sapp, J. ve Goldenfeld, N., "Phylogeny and Beyond: Scientific, Historical, and Conceptual Significance of the First Tree of Life", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, 109 (4).

Packard, A.S., M.S., LL. D., *Lamarck, the Founder of Evolution: His Life and Work*, Organik Evrim üzerine yazdığı yazıların tercümesiyle tekrar baskısı, Kessinger, LaVergne, 2009. İlk baskısı Longmans, Green, Londra, 1901.

Palmer, K.L. ve Gilmore, M.S., "Multidrug-Resistant *Enterococci* Lack CRISPR-cas", *mBio*, 2010, 1 (4).

Pacnhen, A.L., *Classification, Evolution, and the Nature of Biology*, Cambridge University Press, Cambridge, 1992.

Papagianni, D. ve Morse, M.A., *The Neanderthals Rediscovered: How Modern Science Is Rewriting Their Story*, Thames & Hudson, Londra, 2013.

Parker, P.M. (yay. haz.), *Bacteriology: Webster's Timeline History 1812-2006*, ICON Group International, San Diego, 2009.

Patterson, N.; Richter, D.J.; Gnerre, S.; Lander, E.S. ve Reich, D., "Genetic Evidence for Complex Speciation of Humans and Chimpanzees", *Nature*, 2006, 441 (7097).

Pederson, R.B.; Rapp, H.T.; Thorseth, I.H.; Lilley, M.D.; Barriga, F.J.A.S.; Baumberger, T.; Flesland, K.; Fonseca, R.; Früh-Green, G.L. ve Jorgensen, S.L., "Discovery of a Black Smoker Vent Field and Vent Fauna at the Arctic Mid-Ocean Ridge", *Nature Communications*, 2010, 1 (126).

Pennings, J.L.A.; Keltjens, J.T. ve Vogels, G.D., "Isolation and Characterization of *Methanobacterium thermoautotrophicum* H Mutants Unable to Grow Under Hydrogen-Deprived Conditions", *Journal of Bacteriology*, 1998, 180 (10).

Pennisi, E., "Genome Data Shake Tree of Life", *Science*, 1998, 280 (5364).

— "Is It Time to Uproot the Tree of Life?", *Science*, 1999, 284 (5418).

— "Bacteria Shared Photosynthesis Genes", *Science*, 2002, 298 (5598).

— "The Birth of the Nucleus", *Science*, 2004, 305 (5685).

Peterson, J.; Garges, S.; Giovanni, M.; McInnes, P.; Wang, L.; Schloss, J.A.; Bonazzi, V.; McEwen, J.E.; Wetterstrand, K.A.; Deal, C. vd., "The NIH Human Microbiome Project", *Genome Research*, 2009, 19 (12).

- Pietsch, T.W., *Trees of Life: A Visual History of Evolution*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2012.
- Pisani, D.; Cotton, J.A. ve McInerney, J.O., "Supertrees Disentangle the Chimerical Origin of Eukaryotic Genomes", *Molecular Biology and Evolution*, 2007, 24 (8).
- Piskurek, O. ve Okada, N., "Poxviruses as Possible Vectors for Horizontal Transfer of Retroposons from Reptiles to Mammals", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007, 104 (29).
- Pittis, A.A. ve Gabaldon, T., "Late Acquisition of Mitochondria by a Host with Chimaeric Prokaryotic Ancestry", *Nature*, 2016, 531 (7592).
- Pollock, M.R., "The Discovery of DNA: An Ironic Tale of Chance, Prejudice and Insight", *Journal of General Microbiology*, 1970, 63.
- Pollock, R., "Eugenics Lurk in the Shadow of CRISPR", *Science*, 2015, 348 (6237).
- Poundstone, W., *Carl Sagan: A Life in the Cosmos*, Henry Holt, New York, 1999.
- Pourcel, C.; Salvignol, G. ve Vergnaud, G., "CRISPR Elements in *Yersinia pestis* Acquire New Repeats by Preferential Uptake of Bacteriophage DNA, and Provide Additional Tools for Evolutionary Studies", *Microbiology*, 2005, 151 (Pt. 3).
- Proctor, L.M.; Chhibba, S.; McEwen, J.; Peterson, J.; Wellington, C.; Baker, C.; Giovanni, M.; McInnes, P. ve Lunsford, R.D., "The NIH Human Microbiome Project", *The Human Microbiota: How Microbial Communities Affect Health and Disease*, Fredricks, D.N. (yay. haz.), John Wiley&Sons, Hoboken (NJ), 2013.
- Ragan, M.A., "Trees and Networks Before and After Darwin", *Biology Direct*, 2009, 4 (43).
- Ragan, M.A., McInerney, J.O. ve Lake, J.A., "The Network of Life: Genome Beginnings and Evolution", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2009, 364 (1527).
- Raoult, D. ve Koonin, E.V., "Microbial Genomics Challenge Darwin", *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 2012, 2 (127).
- Raven, P.H., "A Multiple Origin for Plastids and Mitochondria", *Science*, 1970, 169 (3946).
- Reames, R., *Arborsculpture: Solutions for a Small Planet*, Arborsmith Studios, Williams (OR), 2007.
- Reames, R., ve Delbol, B.H., *How to Grow a Chair: The Art of Tree Trunk Topiary*, Arborsmith Studios, Williams (OR), 1995.

Reanney, D., "Extrachromosomal Elements as Possible Agents of Adaptation and Development", *Bacteriological Reviews*, 1976, 40 (3).

Redelsperger, F.; Cornelis, G.; Vernochet, C.; Tennant, B.C.; Catzefflis, F.; Mulet, B.; Heidmann, O.; Heidmann, T. ve Dupressoir, A., "Capture of *syncytin-Mar1*, a Fusogenic Endogenous Retroviral Envelope Gene Involved in Placentation in the Rodentia Squirrel-Related Clade", *Journal of Virology*, 2014, 88 (14).

Relman, D.A., MD., "Microbial Genomics and Infectious Diseases", *New England Journal of Medicine*, 2011, 365 (4).

Relman, D.A., "Learning About Who We Are", *Nature*, 2012, 486 (7402).

— "Metagenomics, Infectious Disease Diagnostics, and Outbreak Investigations: Sequence First, Ask Questions Later?", *Journal of the American Medical Association*, 2013, 309 (14).

— "The Human Microbiome and the Future Practice of Medicine", *Journal of the American Medical Association*, 2015, 314 (1).

Retchless, A.C. ve Lawrence, J.G., "Temporal Fragmentation of Speciation in Bacteria", *Science*, 2007, 317 (5841).

— "Ecological Adaptation in Bacteria: Speciation Driven by Codon Selection", *Molecular Biology and Evolution*, 2012, 29 (12).

Richards, R.J., *The Tragic Sense of Life: Ernst Haeckel and the Struggle over Evolutionary Thought*, University of Chicago Press, Chicago ve Londra, 2008.

Ridley, M., *Genome: The Autobiography of a Species in 23 Chapters*, HarperCollins, New York, 2000. İlk baskısı 1999.

— *Francis Crick: Discoverer of the Genetic Code*, Atlas Books/Harper-Collins, New York, 2006.

Riley, D.B.; Sieber, K.B.; Robinson, K.M.; White, J.R.; Ganesan, A.; Nourbakhsh, S. ve Dunning Hotopp, J.C., "Bacteria-Human Somatic Cell Lateral Gene Transfer Is Enriched in Cancer Samples", *PLoS Computational Biology*, 2013, 9 (6).

Ris, H. ve Plaut, W., "Ultrastructure of DNA-Containing Areas in the Chloroplast of *Chlamydomonas*", *Journal of Cell Biology*, 1962, 13 (3).

Rivera, M.C.; Jain, R.; Moore, J.E. ve Lake, J.A., "Genomic Evidence for Two Functionally Distinct Gene Classes", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1998, 95 (11).

Rivera, M.C. ve James A. Lake, J.A., “The Ring of Life Provides Evidence for a Genome Fusion Origin of Eukaryotes”, *Nature*, 2004, 431 (7005).

Roberts, D. McL.; Sharp, P.; Alderson, G. ve Collins, M.A. (yay. haz.), *Evolution of Microbial Life*, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.

Roberts, E.; Sethi, A.; Montoya, J.; Woese, C.R. ve Luthey-Schulten, Z., “Molecular Signatures of Ribosomal Evolution”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008, 105 (37).

Robinson, K.M.; Sieber, K.B. ve Dunning Hotopp, J.C., “A Review of Bacteria-Animal Lateral Gene Transfer May Inform Our Understanding of Diseases Like Cancer”, *PLOS Genetics*, 2013, 9 (10).

Rogers, M.B.; Watkins, R.F.; Harper, J.T.; Durnford, D.G.; Gray, M.W. ve Keeling, P.J., “A Complex and Punctate Distribution of Three Eukaryotic Genes Derived by Lateral Gene Transfer”, *BMC Evolutionary Biology*, 2007, 7 (89).

Rokas, A. ve Holland, P.W.H., “Rare Genomic Changes as a Tool for Phylogenetics”, *Trends in Ecology & Evolution*, 2000, 15 (11).

Rokas, A. ve Carroll, S.B., “Bushes in the Tree of Life”, *PLoS Biology*, 2006, 4 (11).

Sagan, D. (yay. haz.), *Lynn Margulis: The Life and Legacy of a Scientific Rebel*, Chelsea Green, White River Junction (VT), 2012.

Sagan, L., “On the Origin of Mitosing Cells”, *Journal of Theoretical Biology*, 1967, 14 (3).

Salzberg, S.L.; White, O.; Peterson, J. ve Eisen, J.A., “Microbial Genes in the Human Genome: Lateral Transfer or Gene Loss?”, *Science*, 2001, 292 (5523).

Sanger, F., “The Early Days of DNA Sequences”, *Nature Medicine*, 2001, 7 (3).

Sanger, F., Brownlee, G.G. ve Barrell, B.G., “A Two-Dimensional Fractionation Procedure for Radioactive Nucleotides”, *Journal of Molecular Biology*, 1965, 13 (2).

Sankararaman, S.; Mallick, S.; Dannemann, M.; Prüfer, K.; Kelso, J.; Pääbo, S.; Patterson, N. ve Reich, D., “The Genomic Landscape of Neanderthal Ancestry in Present-Day Humans”, *Nature*, 2014, 507 (7492).

Sapp, J., *Evolution by Association: A History of Symbiosis*, Oxford University Press, New York, 1994.

— “Paul Buchner (1886-1978) and Hereditary Symbiosis in Insects”, *International Microbiology*, 2002, 5 (3).

— *Genesis: The Evolution of Biology*, Oxford University Press, New York, 2003.

— “The Prokaryote-Eukaryote Dichotomy: Meanings and Mythology”, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 2005, 69 (2).

The New Foundations of Evolution: On the Tree of Life, Oxford University Press, New York, 2009.

Sapp, J. (yay. haz.), *Microbial Phylogeny and Evolution: Concepts and Controversies*, Oxford University Press, New York, 2005.

Sapp, J.; Carrapiço, F. ve Zolotonosov, M., “Symbiogenesis: The Hidden Face of Constantin Merezchkowsky”, *History and Philosophy of the Life Sciences*, 2002, 24 (3-4).

Sapp, J. ve Fox, G.E., “The Singular Quest for a Universal Tree of Life”, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 2013, 77 (4).

Sarkar, S., “Woese on the Received View of Evolution”, *RNA Biology*, 2014, 11 (3).

Schaack, S.; Gilbert, C. ve Feschotte, C., “Promiscuous DNA: Horizontal Transfer of Transposable Elements and Why It Matters for Eukaryotic Evolution”, *Trends in Ecology and Evolution*, 2010, 25 (9).

Schulz, H.N. ve Jørgensen, B.B., “Big Bacteria”, *Annual Review of Microbiology*, 2001, 55.

Schwartz, R.M. ve Dayhoff, M.O., “Origins of Prokaryotes, Eukaryotes, Mitochondria, and Chloroplasts”, *Science*, 1978, 199 (4327).

Sears, C.L., “A Dynamic Partnership: Celebrating Our Gut Flora”, *Anaerobe*, 2005, 11 (5).

Sheridan, C., “CRISPR Germline Editing Reverberates Through Biotech Industry”, *Nature Biotechnology*, 2015, 33 (5).

Shreeve, J., *The Genome War*, Alfred A. Knopf, New York, 2004.

Sievert, D.M.; Boulton, M.L.; Stoltman, G.; Johnson, D.; Stobierski, M.G.; Downes, F.P.; Somsel, P.A.; Rudrik, J.T.; Brown, W.; Hafeez, W. vd., “*Staphylococcus aureus* Resistant to Vancomycin – United States, 2002”, *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2002, 51 (26).

Silva, J.C.; Loreto, E.L. ve Clark, J.B., “Factors That Affect the Horizontal Transfer of Transposable Elements”, *Current Issues in Molecular Biology*, 2004, 6 (1).

Smillie, C.S.; Smith, M.B.; Friedman, J.; Cordero, O.X.; David, L.A. ve Alm, E.A., “Ecology Drives a Global Network of Gene Exchange Connecting the Human Microbiome”, *Nature*, 2011, 480 (7376).

- Smith, D.R. ve Keeling, P.J., "Mitochondrial and Plastid Genome Architecture: Reoccurring Themes, but Significant Differences at the Extremes", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015, 112 (33).
- Smith, M.; Feng, D.F. ve Doolittle, R.F., "Evolution by Acquisition: The Case for Horizontal Gene Transfers", *Trends in Biochemical Science*, 1992, 17 (12).
- Smith, M.L.; Bruhn, J.N. ve Anderson, J.B., "The Fungus *Armillaria bulbosa* Is Among the Largest and Oldest Living Organisms", *Nature*, 1992, 356 (6368).
- Sogin, M.; Pace, B.; Pace, N.R.; ve Woese, C.R., "Primary Structural Relationship of p16 to m16 Ribosomal RNA", *Nature New Biology*, 1971, 232 (28).
- Sogin, M.L.; Morrison, H.G.; Huber, J.A.; Welch, D.M.; Huse, S.M.; Neal, P.R.; Arrieta, J.M. ve Herndl, G.J., "Microbial Diversity in the Deep Sea and the Underexplored 'Rare Biosphere'", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2006, 103 (32).
- Sogin, S.J.; Sogin, M.L. ve Woese, C.R., "Phylogenetic Measurement in Prokaryotes by Primary Structural Characterization", *Journal of Molecular Evolution*, 1972, 1 (1).
- Sonea, S. ve Panisset, M., *A New Bacteriology*, Jones and Bartlett, Boston, 1983. 1980'de ilk yayımlandığı ismiyle *Introduction à la Nouvelle Bactériologie*, Les Presses de L'Université de Montréal.
- Sonea, S., "The Global Organism: A New View of Bacteria", *Sciences*, 1988, 28 (4).
- Sonnenburg, J.L., "Genetic Pot Luck", *Nature*, 2010, 464 (7290).
- Sorek, R.; Lawrence, C.M. ve Wiedenheft, B., "CRISPR-Mediated Adaptive Immune Systems in Bacteria and Archaea", *Annual Review of Biochemistry*, 2013, 82.
- Soucy, S.M.; Huang, J. ve Gogarten, J.P., "Horizontal Gene Transfer: Building the Web of Life", *Nature Reviews Genetics*, 2015, 16 (8).
- Spang, A.; Saw, J.H.; Jørgensen, S.L.; Zaremba-Niedzwiedzka, K.; Martijn, J.; Lind, A.E.; van Eijk, R.; Schleper, C.; Guy, L. ve Ettema, T.J.G., "Complex Archaea That Bridge the Gap Between Prokaryotes and Eukaryotes", *Nature*, 2015, 521 (7551).
- Spangenburg, R. ve Moser, K., *Carl Sagan: A Biography*, Prometheus Books, New York.
- Specter, M., "Darwin's Surprise", *New Yorker*, 2007, (3 Aralık).
- ____ "The Gene Hackers", *New Yorker*, 2015, (16 Kasım).
- ____ "Rewriting the Code of Life", *New Yorker*, 2015, (2 Ocak).

- Stahl, D.A.; Lane, D.J.; Olsen, G.J. ve Pace, N.R., "Analysis of Hydrothermal Vent-Associated Symbionts by Ribosomal RNA Sequences", *Science*, 1984, 224 (4647).
- Stahl, D.A.; Lane, D.J.; Olsen, G.J. ve Pace, N.R., "Characterization of a Yellowstone Hot Spring Microbial Community by 5S rRNA Sequences", *Applied and Environmental Microbiology*, 1985, 49 (6).
- Stanier, R.Y. ve van Niel, C.B., "The Main Outlines of Bacterial Classification", *Journal of Bacteriology*, 1941, 42 (4).
- Stanier, R.Y. ve van Niel, C.B., "The Concept of a Bacterium", *Archiv. für Mikrobiologie*, 1962, 42.
- Stanier, R.Y., "The Journey, Not the Arrival, Matters", *Annual Review of Microbiology*, 1980, 34.
- Stanier, R.Y.; Ingraham, J.L.; Wheelis, M.L. ve Painter, P.R., *The Microbial World*, 5. Baskı, Prentice-Hall, Englewood Cliffs (NJ), 1986.
- Stevens, P. F., "Augustin Augier's 'Arbre Botanique' (1801), a Remarkable Early Botanical Representation of the Natural System," *Taxon*, 1983, 32 (2).
- Stoye, J.P., "Studies of Endogenous Retroviruses Reveal a Continuing Evolutionary Saga", *Nature Reviews Microbiology*, 2012, 10 (6).
- Stringer, C., *Lone Survivors: How We Came to Be the Only Humans on Earth*, St. Martin's Press, New York, 2012.
- Swithers, K.S., Soucy, S.M. ve Gogarten, J.P., "The Role of Reticulate Evolution in Creating Innovation and Complexity", *International Journal of Evolutionary Biology*, 2012, (418964).
- Syvanen, M. ve Kado, C.I. (yay. haz.), *Horizontal Gene Transfer*, 2. Baskı, Academic Press, San Diego, 2002.
- Syvanen, M. ve Ducore, J., "Whole Genome Comparisons Reveals a Possible Chimeric Origin for a Major Metazoan Assemblage", *Journal of Biological Systems*, 2010, 18 (2).
- Taylor, F.J.R., "Max.", "The Collapse of the Two-Kingdom System, the Rise of Protistology and the Founding of the International Society for Evolutionary Protistology (ISEP)", *International Journal of Systematic and Evolutionary Biology*, 2003, 53 (Pt. 6).
- Thomas, C.M. ve Nielsen, K.M., "Mechanisms of, and Barriers to, Horizontal Gene Transfer Between Bacteria", *Nature Reviews Microbiology*, 2005, 3 (9).

- Timmis, J.N.; Ayliffe, M.A.; Huang, C.Y. ve Martin, W., "Endosymbiotic Gene Transfer: Organelle Genomes Forge Eukaryotic Chromosomes", *Nature Reviews Genetics*, 2004, 5 (2).
- Tranter, M., "Microbes Eat Rock Under Ice", *Nature*, 2014, 512 (7514).
- Turnbaugh, P.J.; Ley, R.E.; Mahowald, M.A.; Magrini, V.; Mardis, E.R. ve Gordon, J.I., "An Obesity-Associated Gut Microbiome with Increased Capacity for Energy Harvest", *Nature*, 2006, 444 (7122).
- Van Boeckel, T.P.; Brower, C.; Gilbert, M.; Grenfell, B.T.; Levin, S.A.; Robinson, T.P.; Teillant, A. ve Laxminarayan, R., "Global Trends in Antimicrobial Use in Food Animals", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015, 112 (18).
- Van der Oost, J., "New Tool for Genome Surgery", *Science*, 2013, 339 (6121).
- Van Leuven, J.T., Meister, R.C.; Simon, C. ve McCutcheon, J.P., "Sympatric Speciation in a Bacterial Endosymbiont Results in Two Genomes with the Functionality of One", *Cell*, 2014, 158 (6).
- Van Niel, C.B., "The Classification and Natural Relationships of Bacteria", *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 1946, 11.
- "The 'Delft School' and the Rise of General Microbiology", *Bacteriological Reviews*, 19449, 13 (3).
- Venter, J.C., *A Life Decoded, My Genome: My Life*, Penguin Books, Londra, 2008.
- Venter, J.C.; Adams, M.D.; Myers, E.W.; Li, P.W.; Mural, R.J.; Sutton, G.G.; Smith, H.O.; Yandell, M.; Evans, C.A.; Holt, R.A. vd., "The Sequence of the Human Genome", *Science*, 2001, 291 (5507).
- Vernot, B. ve Akey, J.M., "Resurrecting Surviving Neandertal Lineages from Modern Human Genomes", *Science*, 2014, 343 (6174).
- Vetsigian, K.; Woese, C. ve Goldenfeld, N., "Collective Evolution and the Genetic Code", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2006, 103 (28).
- Vogan, A.A. ve Higgs, P.G., "The Advantages and Disadvantages of Horizontal Gene Transfer and the Emergence of the First Species", *Biology Direct*, 2011, 6 (1).
- Wallace, A.R., *Natural Selection and Tropical Nature: Essays on Descriptive and Theoretical Biology*, aynı edisyon, Gregg International, Westmead (UK), 1969. *Natural Selection* ilk kez 1870'te yayımlanmıştır. *Tropical Nature* ise ilk kez 1878'de yayımlanmıştır.

Wallin, I.E., "The Relationships and Histogenesis of Thymus-like Structures in *Ammonoetes*", *American Journal of Anatomy*, 1971, 22 (1).

____ "On the Nature of Mitochondria: I. Observations on Mitochondria Staining Methods Applied to Bacteria. II. Reactions of Bacteria to Chemical Treatment", *American Journal of Anatomy*, 1922, 30 (2).

____ "The Mitochondria Problem", *American Naturalist*, 1923a, 57 (650).

____ "On the Nature of Mitochondria: III. The Demonstration of Mitochondria by Bacteriological Methods. IV. A Comparative Study of the Morphogenesis of Root-Nodule Bacteria and Chloroplasts", *American Journal of Anatomy*, 1923b, 30 (4).

____ "On the Nature of Mitochondria: V. A Critical Analysis of Portier's 'Les Symbiotes'", *Anatomical Record*, 1923c, 25 (1).

____ "Symbioticism and Prototaxis, Two Fundamental Biological Principles", *Anatomical Record*, 1923d, 26 (1).

____ "On the Nature of Mitochondria: VII. The Independent Growth of Mitochondria in Culture Media", *American Journal of Anatomy*, 1924, 33 (1).

____ "On the Nature of Mitochondria: IX. Demonstration of the Bacterial Nature of Mitochondria", *American Journal of Anatomy*, 1925, 36 (1).

Wallin, I.E., *Symbioticism and the Origin of Species*, tekrar baskı, Waverly Press for Williams & Wilkins, Baltimore, 1927.

Walsh, A.M.; Kortschak, R.D.; Gardner, M.G.; Bertozzi, T. ve Adelson, D.L., "Widespread Horizontal Transfer of Retrotransposons", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013, 110 (3).

Walsh, D.A. ve Doolittle, W.F., "The Real 'Domains' of Life", *Current Biology*, 2005, 15 (7).

Walsh, D.A.; Boudreau, M.E.; Baptiste, E. ve Doolittle, W.F., "The Root of the Tree: Lateral Gene Transfer and the Nature of the Domains", *Archaea: Evolution, Physiology, and Molecular Biology*, Garrett, R.A. ve Klenk, H.P. (yay. haz.), Wiley-Blackwell, Hoboken (NJ), 2007.

Wanger, G.; Onstott, T.C. ve Southam, G., "Stars of the Terrestrial Deep Subsurface: A Novel 'Star-Shaped' Bacterial Morphotype from a South African Platinum Mine", *Geobiology*, 2008, 6 (3).

Watanabe, T., "Infective Heredity of Multiple Drug Resistance in Bacteria", *Bacteriological Reviews*, 1963, 27 (1).

Watanabe, T., ve Fukasawa, T., “Episome-Mediated Transfer of Drug Resistance in *Enterobacteriaceae*. I. Transfer of Resistance Factors by Conjugation”, *Journal of Bacteriology*, 1961, 81 (5).

Watanabe, T.; Ogata, C. ve Sato, S., “Episome-Mediated Transfer of Drug Resistance in *Enterobacteriaceae*. VIII. Six-Drug-Resistance R Factor”, *Journal of Bacteriology*, 1964, 88 (4).

Watasé, S., “On the Nature of Cell-Organization”, *Biological Lectures Delivered at the Marine Biological Laboratory of Woods Hole, in the Summer Session of 1893*, Ginn, Boston, 1894.

Watson, J.D. ve Crick, F.H.C., “Molecular Structure of Nucleic Acids”, *Nature*, 1953, 171 (4356).

Watson, J.D., *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*, New American Library, New York, 1968.

Weigel, R.D. (yay. haz.), “On the Tendency of Species to Form Varieties; and On the Perpetuation of Varieties & Species by Natural Means of Selection”, Charles Darwin ve A R. Wallace, Scarlet Ibis Press, Bloomington (IN), 1970.

Weismann, A., *The Germ-Plasm: A Theory of Heredity*, çev. W. Newton Parker, PhD, ve Harriet Rönnefeldt, BSc, tekrar baskı, Ulan Press, San Bernardino (CA), 2014. İlk baskısı, Charles Scribner's Sons, New York, 1893.

Weismann, A., “On Heredity”, *Essays Upon Heredity*, Clarendon Press, Oxford, 1883. 1889. Electronic Scholarly Publishing, www.esp.org/books/weismann/essays/facsimile.

____ “The Continuity of the Germ-Plasm as the Foundation of a Theory of Heredity”, *In Essays Upon Heredity*, Clarendon Press, Oxford, 1885. 1889. Electronic Scholarly Publishing, www.esp.org/books/weismann/essays/facsimile.

____ *The Effect of External Influences upon Development*, Romanes lecture, 1894, Michigan Üniversitesi Kütüphanesi'nden tekrar baskı, Google Books, San Bernardino (CA), 2015. İlk baskısı, Oxford, Londra, 1894.

Weiss, M.C.; Sousa, F.L.; Mrnjavac, N.; Neukirchen, S.; Roettger, M.; Nelson-Sathi, S. ve Martin, W.F., “The Physiology and Habitat of the Last Universal Common Ancestor”, *Nature Microbiology*, 2016, 1 (9).

Weiss, R.A., “The Discovery of Endogenous Retroviruses”, *Retrovirology*, 2006, 3 (67).

Werren, J.H., "Biology of *Wolbachia*", *Annual Review of Entomology*, 1997, 42.

— "Heritable Microorganisms and Reproductive Parasitism", *Microbial Phylogeny and Evolution: Concepts and Controversies*, Sapp, J. (yay. haz.), Oxford University Press, New York, 2005.

Westman, W.E. ve Peet, R.K., "Robert H. Whittaker (1920–1980): The Man and His Work", *Plant Community Ecology: Papers in Honor of Robert H. Whittaker*, Peet, R.K. (yay. haz.), Springer, Dordrecht, Hollanda, 1985.

Whittaker, R.H., "The Kingdoms of the Living World", *Ecology*, 1957, 38 (3).

— "On The Broad Classification of Organisms", *Quarterly Review of Biology*, 1959, 34.

— "New Concepts of Kingdoms of Organisms", *Science*, 1969, 163 (3863).

Whittaker, R.H. ve Margulis, L., "Protist Classification and the Kingdoms of Organisms", *BioSystems*, 1978, 10 (1–2).

White, D.G.; Michael N. Alekshun, M.N. ve McDermott, P.F. (yay. haz.), *Frontiers in Antimicrobial Resistance: A Tribute to Stuart B. Levy*, ASM Press, Washington (DC), 2006.

Wiedenheft, B.; Sternberg, S.H. ve Doudna, J.A., "RNA-Guided Genetic Silencing Systems in Bacteria and Archaea", *Nature*, 2012, 482 (7385).

Wilding, E.I.; Brown, J.R.; Bryant, A.P.; Chalker, A.F.; Holmes, D.J.; Ingraham, K.A.; Iordanescu, S.; So, C.Y.; Rosenberg, M. ve Gwynn, M.N., "Identification, Evolution, and Essentiality of the Mevalonate Pathway for Isopentenyl Diphosphate Biosynthesis in Gram-Positive Cocci", *Journal of Bacteriology*, 2000, 182 (15).

Williams, T.A.; Foster, P.G.; Nye, T.M.W.; Cox, C.J. ve Embley, T.M., "A Congruent Phylogenomic Signal Places Eukaryotes Within the Archaea", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2012, 279 (1749).

Williams, T.A. ve Embley, T.M., "Archaeal 'Dark Matter' and the Origin of Eukaryotes", *Genome Biology and Evolution*, 2014, 6 (3).

— "Changing Ideas About Eukaryotic Origins", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2015, 370 (1678).

Williams, T.A.; Heaps, S.E.; Cherlin, S.; Nye, T.M.W.; Boys, R.J. ve Embley, T.M., "New Substitution Models for Rooting Phylogenetic Trees", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 2015, 370 (1678).

Williamson, D.I., "Caterpillars Evolved from Onychophorans by Hybridogenesis", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106 (47).

Wilson, E.B., *The Cell in Development and Heredity*, Macmillan, New York, 1925.

Wilson, K.L. ve Dawson, S.C., "Functional Evolution of Nuclear Structure", *Journal of Cell Biology*, 2011, 195 (2).

Wilson, R.A., "The Biological Notion of Individual", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Zalta, E.N. (yay. haz.), 2013, <https://plato.stanford.edu/entries/biology-individual>.

Winther, R.G., "August Weismann on Germ-Plasm Variation", *Journal of the History of Biology*, 2001, 34 (3).

Witzany, G., "Introduction: A Perspective on Natural Genetic Engineering and Natural Genome Editing", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2009, 1178.

Woese, C.R., "Coding Ratio for the Ribonucleic Acid Viruses", *Nature*, 1961, 190 (4777).

Woese, C.R., "On the Evolution of the Genetic Code", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1965a, 54 (6).

____ "Order in the Genetic Code", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1965b, 54 (1).

Woese, C., "Molecular Mechanics of Translation: A Reciprocating Ratchet Mechanism", *Nature*, 1970, 226 (30 Mayıs).

____ "The Universal Ancestor", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1998, 95 (12).

Woese, C.R., "Universality in the Genetic Code", *Science*, 1964, 144 (22 Mayıs).

____ *The Genetic Code*, Harper & Row, New York, 1967.

____ "Endosymbionts and Mitochondrial Origins", *Journal of Molecular Evolution*, 1977, 10 (2).

____ "Archaeobacteria", *Scientific American*, 1981, 244 (6).

____ "Archaeobacteria and Cellular Origins: An Overview", *Archaeobacteria*, Kandler, O. (yay. haz.), Gustav Fischer, Stuttgart, 1982.

____ "The Primary Lines of Descent and the Universal Ancestor", *Evolution from Molecules to Man*, Bendall, D.S. (yay. haz.), Cambridge University Press, Cambridge, 1983.

- ____ "Bacterial Evolution", *Microbiological Reviews*, 1987, 51 (2).
- ____ "Microbiology in Transition", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1994, 91 (5).
- ____ "Default Taxonomy: Ernst Mayr's View of the Microbial World", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1998, 95 (19).
- ____ "A Manifesto for Microbial Genomics", *Current Biology*, 1998, 8 (22).
- ____ "Interpreting the Universal Phylogenetic Tree", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2000, 97 (15).
- ____ "On the Evolution of Cells", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2002, 99 (13).
- ____ "A New Biology for a New Century", *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 2004, 68 (2).
- ____ "Q&A: Carl R. Woese", *Current Biology*, 2005, 15 (4).
- ____ "The Birth of the Archaea: A Personal Retrospective", *Archaea: Evolution, Physiology, and Molecular Biology*, Garnett, R.A. ve Klenk, H.P. (yay. haz.), Wiley-Blackwell, Hoboken (NJ), 2007.
- Woese, Dr. C.R., "Nature of the Biological Code", *Nature*, 1962, 194 (4834).
- Woese, C.R.; Dugre, D.H.; Saxinger, W.C. ve Dugre, S.A., "The Molecular Basis for the Genetic Code", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1966, 55 (4).
- Woese, C.R.; Fox, G.E.; Zablen, L.; Uchida, T.; Bonen, L.; Pechman, K.; Lewis, B.J. ve Stahl, D., "Conservation of Primary Structure in 16S Ribosomal RNA", *Nature*, 1975, 254 (5495).
- Woese, C.R. ve Fox, G.E., "Phylogenetic Structure of the Prokaryotic Domain: The Primary Kingdoms", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1977a, 74 (11).
- ____ "The Concept of Cellular Evolution", *Journal of Molecular Evolution*, 1977b, 10 (1).
- Woese, C.R.; Kandler, O. ve Wheelis, M.L., "Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eucarya", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1990, 87 (12).
- Woese, C.R. ve Goldenfeld, N., "How the Microbial World Saved Evolution from the Scylla of Molecular Biology and the Charybdis of the Modern Synthesis", *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 2009, 73 (1).

Wolf, Y.I.; Aravind, L.; Grishin, N.V. ve Koonin, E.V., “Evolution of Aminoacyl-tRNA Synthetases—Analysis of Unique Domain Architectures and Phylogenetic Trees Reveals a Complex History of Horizontal Gene Transfer Events”, *Genome Research*, 1999, 9 (8).

Wolfe, R., “Early Days with Carl”, *RNA Biology*, 2014, 11 (3).

Wolfe, R.S., “My Kind of Biology”, *Annual Review of Microbiology*, 1991, 45.

____ “The Archaea: A Personal Overview of the Formative Years”, *The Prokaryotes*, Rosenberg, E.; DeLong, E.F.; Lory, S.; Stackebrandt, E. ve Thompson, F. (yay. haz.), Springer, Berlin/Heidelberg, 2006.

Wright, H.D., “Obituary. William McDonald Scott, M.D., B.S.C. Edin., D.T.M.&H.”, *Lancet*, 1941, 237 (6140).

Wu, D.; Daugherty, S.C.; Van Aken, S.E.; Pai, G.H.; Watkins, K.L.; Khouri, H.; Tallon, L.J.; Zaborsky, J.M.; Dunbar, H.E.; Tran, P.L. vd., “Metabolic Complementarity and Genomics of the Dual Bacterial Symbiosis of Sharpshooters”, *PLoS Biology*, 2006, 4 (6).

Xue, K., “Superbug: An Epidemic Begins”, *Harvard*, 2014, (Mayıs/Haziran).

Yang, D.; Oyaizu, Y.; Oyaizu, H.; Olsen, G.J. ve Woese, C.R., “Mitochondrial Origins”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1985, 82 (13).

Yarus, M., *Life from an RNA World: The Ancestor Within*, Harvard University Press, Cambridge (MA), 2010.

Yong, E., “Human Gut Bacteria Linked to Obesity”, *Not Exactly Rocket Science* (blog), 20087, 6 Ekim 2008. <http://phenomena.nationalgeographic.com/2008/10/06/human-gut-bacteria-linked-to-obesity>.

____ “Genes from Chagas Parasite Can Transfer to Humans and Be Passed on to Children”, *Not Exactly Rocket Science* (blog), 14 Şubat 2010. <http://phenomena.nationalgeographic.com/2010/02/14/genes-from-chagas-parasite-can-transfer-to-humans-and-be-passed-on-to-children>.

____ “Meet Your Viral Ancestors—How Bornaviruses Have Been Infiltrating Our Genomes for 40 Million Years”, *Not Exactly Rocket Science* (blog), 6 Ocak 2010. <http://blogs.discovermagazine.com/notrocketscience/2010/01/06/meet-your-viral-ancestors-how-bornaviruses-have-been-infiltrating-our-genomes-for-40-million-years/#.WirPW7aZM0o>.

____ “Dormant Viruses Can Hide in Our DNA and Be Passed from Parent to Child”, *Not Exactly Rocket Science* (blog), 27 Mart 2010. <http://blogs.discovermagazine.com/>

notrocketscience/2010/03/27/dormant-viruses-can-hide-in-our-dna-and-be-passed-from-parent-to-child/#.WirZdLaZM0o.

____ “Tree or Ring: The Origin of Complex Cells”, *Not Exactly Rocket Science* (blog), 13 Eylül 2010. <http://blogs.discovermagazine.com/notrocketscience/2010/09/13/tree-or-ring-the-origin-of-complex-cells/#.WiraN7aZM0o>.

____ *I Contain Multitudes: The Microbes Within Us and a Grand View of Life*, 2016, HarperCollins, New York, 2016.

Yoshida, S.; Hiraga, K.; Takehana, T.; Taniguchi, I.; Yamaji, H.; Maeda, Y.; Toyohara, K.; Miyamoto, K.; Kimura, Y. ve Oda, K., “A Bacterium That Degrades and Assimilates Poly(ethylene terephthalate)”, *Science*, 2016, 351 (6278).

Zablen, L.B.; Kissil, M.S.; Woese, C.R. ve Buetow, D.E., “Phylogenetic Origin of the Chloroplast and Prokaryotic Nature of Its Ribosomal RNA”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1975, 72 (6).

Zambryski, P.; Tempe, J. ve Schell, J., “Transfer and Function of T-DNA Genes from *Agrobacterium* Ti and Ri Plasmids in Plants”, *Cell*, 1989, 56 (2).

Zamecnik, P.C.; Keller, E.B.; Littlefield, J.W.; Hoagland, M.B. ve Loftfield, R.B., “Mechanism of Incorporation of Labeled Amino Acids into Protein”, *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, 1956, 47 (Suppl. 1).

Zaremba-Niedzwiedzka, K.; Caceres, E.F.; Saw, J.H.; Bäckström, D.; Juzokaite, L.; Vancaester, E.; Seitz, K.W.; Anantharaman, K.; Starnawski, P.; Kjeldsen, K.U. vd., “Asgard Archaea Illuminate the Origin of Eukaryotic Cellular Complexity”, *Nature*, 2017, 541 (7637).

Zhaxybayeva, O. ve Gogarten, J.P., “Cladogenesis, Coalescence, and the Evolution of the Three Domains of Life”, *Trends in Genetics*, 2004, 20 (4).

Zhaxybayeva, O. ve W. Ford Doolittle, W.F., “Lateral Gene Transfer”, *Current Biology*, 2011, 21 (7).

Zhuo, X.; Feschotte, C., “Cross-Species Transmission and Differential Fate of an Endogenous Retrovirus in Three Mammal Lineages”, *PLoS Pathogens*, 2015, 11 (11).

Zimmer, C., *Microcosm: E. Coli and the New Science of Life*, Pantheon Books, New York, 2008.

____ “Hunting Fossil Viruses in Human DNA”, *New York Times*, 2010, (12 Ocak).

Zinder, N.D., “Infective Heredity in Bacteria”, *Cold Spring Harbor Symposia in Quantitative Biology*, 1953, 18.

Zinder, N.D. ve Lederberg, J., "Genetic Exchange in *Salmonella*", *Journal of Bacteriology*, 1952, 64 (5).

Zuckerkindl, E. ve Pauling, L., "Evolutionary Divergence and Convergence in Proteins", *Evolving Genes and Proteins: A Symposium*, Bryson, V. ve Vogel, H.J. (yay. haz.), Academic Press, New York, 1965a.

____ "Molecules as Documents of Evolutionary History", *Journal of Theoretical Biology*, 1965b, 8 (2).

ÇİZİMLERİN SAHİPLERİ

- s. 36 Patricia J. Wynne'in çizimi.
- s. 42 Biyoçeşitlilik Mirası Kütüphanesi'nin izniyle.
- s. 49 Jean-Baptiste Lamarck.
- s. 52 Orra White Hitchcock tarafından Edward Hitchcock için çizilmiştir.
- s. 66 Charles Darwin.
- s. 91 Patricia J. Wynne'in çizimi.
- s. 109 Patricia J. Wynne'in çizimi.
- s. 134 Patricia J. Wynne'in çizimi.
- s. 149 Patricia J. Wynne'in çizimi.
- s. 194 Lynn Margulis Vakfı'nın izniyle.
- s. 240 Ernst Haeckel.
- s. 243 Ernst Haeckel.
- s. 253 Whittaker, "New Concepts of Kingdoms of Organisms", *Science*, 1969, 163, No. 3863, Şekil 3. American Association for the Advancement of Science'in izni ve rızasıyla kullanılmıştır.
- s. 267 Fox vd., "The Phylogeny of Prokaryotes", *Science*, 1980, 209, No. 4455, Şekil 1. American Association for the Advancement of Science'in izni ve rızasıyla kullanılmıştır.
- s. 273 Patricia J. Wynne'in çizimi.
- s. 278 Woese, Kandler ve Wheelis, "Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, ve Eucarya", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1990, 87, No. 12, Şekil 1. Mark L. Wheelis'in izniyle.
- s. 373 Doolittle, "Phylogenetic Classification and the Universal Tree", *Science*, 1999, 284, No. 5423, Şekil 3. American Association for the Advancement of Science'in izni ve rızasıyla kullanılmıştır.
- s. 387 Martin, "Mosaic Bacterial Chromosomes: A Challenge En Route to a Tree of Genomes", *BioEssays*, 1999, 21, No. 2, Şekil 2. William Martin'in izniyle.

DİZİN

5S rRNA 141

11 Eylül 2001 terör saldırıları 213, 216

16S rRNA 99, 100, 103, 106, 124, 134, 147, 199, 209, 210, 259, 265, 272, 273, 278, 359, 368, 375, 388, 397, 411, 414, 418, 419, 422, 427, 480, 511, 517, 522

18S rRNA 99, 119

1918-19 grip salgını 282

A

Acinetobacter 338

Acinetobacter baumannii 130

adenozin trifosfat ya da ATP 162

aerobik bakteri 163

Afrika 20, 48, 128, 175, 435, 489

Agassiz, Louis 66

Agrobacterium tumefaciens 210

ağsı evrim 322, 323, 328

AIDS 212, 216, 301, 307, 451

akne 129

akrilamit 102, 107

akyuvarlar 458, 466

alaycıkuşlar 30, 32, 326, 327

âlemler, bkz. krallıklar 382

Alexander, Leone 164

Alexander, Morris 164

alfa-proteobakteri 210, 211

alg 116, 167, 174, 181, 190, 193, 195, 199, 215, 255

Allmers, Hermann 228

Alman Doğabilimcileri ve Fizikçileri Topluluğu 231

Almanya 14, 62, 147, 152, 153, 173, 175, 207, 227, 230, 277, 366, 411, 413

Alm, Eric J., 14, 422

Alu 435

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) 13, 74, 83, 98, 153, 178, 248, 296, 301, 302, 308, 316, 317, 366, 436, 441

Amerikan Mikrobiyoloji Topluluğu 307

Amerika Bilim ve Sanat Akademisi 215

amfibiler 43, 49, 237, 242, 247

aminoasitler 73, 75, 83, 87, 89, 143, 202, 273, 287, 367, 390, 425

amip 87, 97, 100, 117, 123, 173, 191, 193, 491

ammonitler 65

anacystic nidulans 210

Anderson, Ephraim S. 320, 321, 328

Antarktika 127

antibiyotik dirençli bakteriler 309

antibiyotik-dirençli bakteriler 20, 300, 301, 308, 316

antibiyotikler 20, 130, 213, 282, 290, 300, 301, 303, 307, 309, 315, 316, 317, 318, 321, 336, 419

antikor 106, 282, 466

antimikrobiyal 302, 308

antiserum tedavisi 282

Apologetics Press 396

Arbre botanique 41, 42

Archives Research Center 122

Aristoteles 37, 38, 41, 239, 244, 370, 488

arke 18, 19, 138, 146, 150, 153, 154, 155, 163, 210, 220, 258, 259, 265, 266, 269, 270, 273, 274, 275, 277, 278, 361, 362, 366, 367, 369, 371, 376, 382, 387, 394, 399, 400, 409, 416, 417, 426, 442, 464, 466, 469, 470, 479, 480, 482, 488

aşı, aşılama 347, 348, 401, 465, 492

At Home in the Universe (Kauffman)

426

Atkin, Isobel 14, 311, 312

atmosfer 78, 119, 130, 138, 195, 361

Augier, Augustin 23, 40, 41, 42, 44, 45, 547

Avery, Oswald 22, 25, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 299, 313, 371, 442

Avery, Roy 289

B

Bacillus anthracis 325

Bacillus infernus 126

Bacillus subtilis 24, 325

Bacteroides thetaiotaomicron 409

bağıntılı adaptasyon kanunu 235

Baker, Chet 472

Baker, Kate S. 315

bakteriler 19, 20, 22, 23, 24, 39, 82, 85, 86, 87, 89, 95, 99, 101, 102, 107, 108, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 118, 120, 126, 127, 128, 130, 136, 145, 148, 149, 152, 153, 162, 163, 169, 172, 174, 176, 184, 188, 193, 199, 204, 206, 207, 209, 210, 217, 238, 239, 249, 250, 252, 265, 269, 275, 283, 284, 286, 291, 295, 298, 299, 300, 313, 315, 316, 317, 321, 322, 324, 326, 328, 332, 338, 342, 362, 365, 367, 371, 372, 378, 382, 384, 394, 399, 400, 407, 409, 411, 416, 419, 420, 421, 426, 434, 448, 464, 465, 466, 482, 488, 491

bakteriyel seks 298, 300

bakteriyel sporlar 95

bakteriyel taksonomi 110, 111, 114, 117, 118, 146, 153, 261, 262, 325

Balch, Bill 119, 120, 124, 125, 135, 136, 147, 153, 277, 418, 499, 509

balıklar 38, 43, 49, 66, 175, 228, 237, 239, 247, 330, 365

Baptiste, Eric 394

basil 108, 129

bdelloidlar 331, 332

Beagle 29, 31, 35, 55, 61, 224, 225, 438, 529

Beyond God and Darwin (Woese ve Sapp) 445, 446

“Big Tree” (Büyük Ağaç) 12, 221, 259, 261, 264, 265, 266, 268, 272, 274, 371, 388

bira mayası 329, 360

Bishop, David 94, 95, 96, 198

bitki-hayvan hibridleri 215

bitkiler, biyofilmler 18, 22, 23, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 49, 51, 87, 99, 111, 115, 128, 130, 137, 155, 160, 174, 176, 180, 181, 195, 201, 204, 211, 238, 247, 249, 251, 278, 381, 383, 403, 435, 479, 488, 494

biyoenformatik 141, 337, 342, 420, 439

biyofizik 82, 103, 260, 424

biyogenetik kanun 239

biyokimyasal sinyaller 148

Blyth, Edward 444

Bonen, Linda 12, 14, 103, 104, 105, 136, 192, 193, 195, 196, 198, 199, 201, 203, 205, 217, 263, 375

Bonnet, Charles 38, 39, 40, 244

Borneo 316, 317

Bowler, Peter J., 244

Brenner, Sydney 74, 89

Brock, Thomas 127, 149, 415

Bronn, Heinrich Georg 236

Broughton-Alcock, William 315, 318

Brown, James R. 365, 366

buğday 203, 204, 205, 206, 208, 209, 210

bulaşıcı kalıtsallık 22

C-Ç

Cable, Ernest 314, 315, 318, 319
 Carl R. Woese Institute for Genomic Biology 14, 139, 429, 430, 447, 483, 484, 494, 506
 Carl Woese Belgeleri 122, 446
 Cavendish Laboratuvarı 74, 424
 Chadwick, James 424
 Chagas hastalığı 438, 439
 Chardin, Pierre Teilhard de 254, 257
 Charpentier, Emmanuelle 467
Chicago Tribune 144
Citizen Kane (Yurttaş Kane) 468
 Clark, Michael 335, 336, 337
 Clements, Frederic 249
 Clinton, Bill 216, 218, 341, 441
Clostridium difficile 409
Clostridium perfringens 107
 Cohn, Ferdinand Julius 23, 111, 112, 113, 114, 115, 128, 146, 153, 283, 321, 324, 325
 CRISPR 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 510, 511, 513, 515, 519, 527, 531, 535, 538, 541, 542, 545, 546
 Crohn hastalığı 408
 Cunningham, Scott 203, 204, 205
 çekirdekler 19, 118, 129, 168, 201, 207, 332, 382, 433, 434
 çeşitlilik 18, 38, 174, 214, 232, 288, 302, 332, 378, 379, 389, 391, 408, 418, 480, 495
 çeviri aygıtı 88
 çölyak hastalığı 408

D

Darwin, Charles 5, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 46, 48, 51, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 85, 106, 112, 117, 134, 160, 165, 171, 182, 183, 214, 216, 223, 224, 225, 227, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 239,

244, 256, 268, 287, 302, 321, 326, 328, 329, 333, 371, 376, 377, 378, 379, 391, 393, 394, 395, 396, 397, 399, 400, 403, 424, 427, 431, 438, 443, 444, 445, 446, 447, 470, 475, 478, 485, 487, 488, 490, 492, 497, 498, 501, 504, 505, 508, 510, 516, 517, 518, 529, 540, 542, 546, 550, 557
 Darwin'ci Eşik 391, 397, 424
 Darwin, Emma Wedgwood 227
 Darwin'in Oyun Bahçesi 431
 Darwin, Robert 31
 Davies, Roy 444
 Dawkins, Richard 218, 395, 398, 424, 437
 De Bary, Anton 175
 Deepwater Horizon petrol sızıntısı 130
 Delbrück, Max 154
 Delta H 120, 121, 123, 124, 130, 135
 Deneysel Biyoloji Topluluğu 74
 denizkestaneleri 226
 deniz tortuları 480
 Dennett, Daniel 395, 396, 398
 deri bakterileri 420
 devekuşları 32, 33
Die Radiolarien (Haeckel) 223, 224, 231
 Dioscorides 41
 Dişeti bakterileri 420
 diyabet, diyetomlar 174, 239, 317, 408
 dizanteri 129, 301, 303, 314, 318
 DNA 18, 19, 22, 24, 71, 72, 73, 74, 75, 79, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 94, 99, 127, 152, 166, 167, 169, 189, 202, 207, 208, 209, 210, 269, 273, 288, 292, 293, 294, 295, 297, 298, 300, 304, 308, 309, 318, 328, 329, 332, 334, 336, 337, 338, 339, 359, 365, 367, 372, 382, 383, 389, 390, 414, 415, 425, 427, 432, 433, 436, 437, 438, 439, 440, 442, 448, 449, 450, 451, 452, 456, 458, 461, 462, 464, 465, 466, 480, 481, 488, 489, 490

DNA iplikçikleri 167
 doğal seçim 48, 59, 60, 62, 63, 134, 183, 232, 268, 283, 302, 321, 378, 396, 400, 444, 448, 456, 490
 doğal sistem 85, 232, 276
 doğal varlıklar merdiveni 38, 85, 232, 244, 276, 278
 doku çürümesi/nekroz 107
 domuzlar 302
 Doolittle, Ford 11, 14, 24, 25, 153, 189, 190, 191, 192, 193, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 203, 205, 208, 209, 217, 327, 343, 362, 364, 365, 366, 367, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 386, 387, 391, 393, 394, 398, 399, 403, 412, 414, 422, 437, 482
 Doudna, Jennifer 467
 dönüştürücü ilke 22, 290, 291, 292, 293
Drosophila ananassae 336
 Dupré, John 394
 Dünya Sağlık Örgütü 300

E

Ehrlich, Paul 442
 Eisen, Jonathan 12, 13, 342
 ekoloji 236, 248, 249, 250, 251, 420, 421
 eksobiyojoloji 142, 168
 elektroforez 78, 93, 100, 101, 102, 103, 120, 140, 150, 192, 193, 472
 elektron mikroskobu 88, 269
 Eli Lilly 316
Ellysia viridis 215
 endojen retrovirüsler (ERV'ler) 451, 456, 490
 endosimbioz 13, 23, 159, 167, 170, 171, 181, 183, 184, 191, 192, 195, 201, 206, 208, 209, 212
 endosimbiotik gen transferi 383, 387, 394
 enerji depolama 148, 201
 enfeksiyonlar 128, 129, 162, 290, 308, 313, 315, 317, 318, 409, 456, 465, 466

Enterococcus 317, 539
 eocyte 269, 270
 epizomlar, ayrıca bkz. plazmidler 305
 eritromisin 315, 318
 Erlandson, Axel 401, 402
 erozyon/aşınma 54, 55
 ERV-L 451, 452
Escherichia 304, 325
Escherichia coli 90, 295, 296, 297, 303, 305, 325
 eşey organları/gonadlar 161
 eşleşme 72, 116, 135, 137, 162, 208, 209, 420, 465, 489
 etanol 107
 Etiyopya 301
 Ettema, Thijs 12, 14, 403, 481, 482
Euglena gracilis 169, 184
 evrensel filogenetik ağaç 388, 422
 evrim 13, 18, 31, 35, 45, 46, 47, 48, 55, 57, 62, 75, 78, 80, 87, 95, 108, 112, 127, 134, 144, 160, 168, 169, 200, 213, 225, 232, 237, 244, 259, 261, 267, 268, 271, 276, 295, 320, 322, 323, 328, 342, 359, 365, 366, 370, 374, 376, 386, 389, 391, 392, 394, 395, 396, 400, 408, 419, 425, 426, 442, 446, 447, 471, 474, 476

F

fareler 247, 283, 284, 454, 466, 470
 Feldman, Robert 363, 368
 fenol 107
 Feschotte, Cedric 12, 14, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 508, 514, 521, 523, 528, 540, 545, 555
 F faktörü 298, 304
 Filogenetik, filogenomik 11, 12, 13, 18, 24, 71, 75, 81, 82, 136, 187, 245, 246, 249, 256, 269, 271, 274, 276, 278, 287, 349, 359, 362, 363, 365, 371, 388, 397, 400, 403, 420, 422, 428, 429
 Fishlake Milli Ormanı 491

Fitzgerald, Ella 473
 fizalya denizanası 491
 Fleming, Alexander 24, 313, 360
 fosiller 47, 51, 262, 399
 fotosentez 116, 128, 130, 163, 166, 167,
 174, 215, 250, 348, 384
 Fox, George 430, 470, 475
 Fuchs, Leonhart 42, 43
 Fukasawa, Toshio 304
 füzyonu/kaynaşma 296

G

Gaia hipotezi 213, 327
 Galápagos Takımadaları 30, 32, 33
 gazlı kangren 107
 genetik hastalıklar 78
 genetik kod 71, 83, 84, 88, 273, 412,
 413, 424, 471, 492
 genetik modifikasyon 442
 genetik mühendislik 381, 461
 genom dizilimi 451
 genomik veri 273, 377
 genomlar 13, 24, 159, 185, 207, 210,
 211, 215, 325, 328, 331, 332, 334, 336,
 338, 342, 358, 359, 360, 362, 364, 381,
 382, 384, 386, 387, 388, 392, 403, 407,
 420, 428, 429, 432, 433, 434, 435, 436,
 437, 451, 452, 455, 456, 460, 464, 465,
 466, 489
 germ hattı 154, 332, 334, 335, 336, 338,
 451, 462, 466
 Goethe, Johann Wolfgang von 225,
 226, 231, 239
 Gogarten, Peter 366, 371, 377, 378,
 379, 386, 392, 403
 Goldenfeld, Nigel 12, 14, 423, 424,
 425, 426, 427, 430, 431, 443, 444, 475,
 484, 490, 492, 494
 Gold, Larry 12, 14, 470, 471, 494
 gonadlar 161
 Gould, Stephen Jay 218, 369

Göbel, Ulf B. 411, 419
 Gray, Michael W. 202
 Gressel, Jonathan 12, 14, 168
 Griffith, Fred 22, 281, 282, 284, 285,
 286, 290, 294, 299, 313, 325
 Grigsby, Steve 312
 Grönland 108, 480

H

haberci RNA 89, 90
 Haeckel, Ernst 23, 223, 224, 225, 226,
 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234,
 235, 236, 237, 238, 239, 240, 242, 243,
 244, 245, 246, 247, 249, 250, 252, 271,
 276
Haemophilus influenzae 24, 313, 360,
 367, 368
 Haldane, J. B. S. 165
 halofililer 148, 149, 150, 152, 153
 Heidmann, Thierry 12, 14, 449, 450,
 451, 452, 453, 454, 456, 457, 458, 459,
 460
Helicobacter pylori 338
 hemoglobin 75, 77, 78, 88
 hemoglobini/kanlı idrar 129
 Henslow, John Stevens 30
 HERV-L 451, 453
 HIV 213, 451
 Hipertrofik kardiyomiyopati (HCM)
 463
 Hitchcock, Edward 23, 46, 51, 52, 53,
 54, 55, 56, 65, 66
 Hogg, John 249
Homo neanderthalensis 488, 489
 Hooker, Joseph, 62
 Hotopp, Julie Dunning 12, 334, 335,
 336, 337, 338, 340, 392
 hurda DNA 433, 456
 Hutcherson, Bobby 472
 Hutchinson, G. Evelyn 218
 Hutchins, Robert Maynard 164

Huxley, Thomas H. 223
 hücre duvarları 147, 148, 150, 454
 hücreli cıvık mantar 491

I-İ

Ideonella sakaiensis 130
 International Human Genome
 Sequencing Consortium 340
Introduction to Physiological Chemistry 296
 ihtiyozor 65
 immünoloji 428, 429
 impetigo 129
 inekler 94, 108, 135, 367, 429
 inoskülyasyon/birleşme 348
 İnsan endojen retrovirüsleri (ERV'ler)
 456, 490
 insan genomu, dizilimi 337, 340, 341,
 343, 360, 408, 453, 461
 İnsan Genomu Projesi 335, 359
 iplik kurdu 335, 336, 362
 ipliksi bakteri 128

J

Jablonski, David 369
 Jacob, François 143, 154
 jeoloji 31, 52, 54, 55, 66, 471
 Jones, Dorothy 321, 322

K

kabuklular 52, 77, 127
 kalıtım, ayrıca bkz. yatay gen transferi
 bulaşıcı kalıtım 166
 kalıtsal süreklilik 57, 134
 kamçı 163, 184, 185, 186, 219, 252
 Kandler, Otto 147, 148, 151, 152, 153,
 155, 274, 275, 276, 277, 278, 359, 366, 391
 kan enfeksiyonları 129
 Kanser Genom Atlası 337
 kaplumbağalar 32, 33, 326
 karbonhidratlar 288, 348
 karmaşık dinamik sistemler 423

karmaşıklik teorisi 426, 469, 492
 Kauffman, Stuart 426, 505, 529
 kelebekler 57, 61, 213, 248
 Kelvin, Lord 424
 kendiliğinden üreme 48
 keseli hayvanlar 33, 455, 456
 kıyamet kuramı 54
 kızıl hastalığı 62, 129
 Kimyasal paleogenetik, ayrıca bkz
 moleküler filogenetik 77
 kirpikliler 239
 kladistik 322, 323
 kloroform 107, 179
 kloroplastlar 162, 163, 166, 167, 174,
 176, 177, 178, 179, 180, 184, 187, 193,
 195, 199, 201, 206, 207, 208, 215, 217,
 252, 371, 387, 403
 Koch, Robert 111, 297, 325
 Koonin, Eugene 12, 13, 389, 392, 403
 kristal büyümesi 423
 kromozomlar 22, 160, 166, 168, 184,
 207, 286, 287, 383
 Krubsack, John 347, 348, 372, 401,
 402, 492
 Kruif, Paul de 39
 ksenotransplantasyon 195
 kurbağalar 43, 161, 436, 439, 440
 kurtlar 33, 38, 52, 228, 275, 383

L

Lake, James 269, 270, 271, 276, 371
 laktik asit bakterisi 130
 Lamarck, Cornelië 46, 239, 444
 Lamarck, Jean-Baptiste 23, 46
 Lamarck'çılık 47, 48, 244, 427
 Lander, Eric S. 341, 343
 Leeuwenhoek, Antoni von 39, 111, 114,
 117, 239, 329, 407, 410, 441, 470
 liken 38, 175, 491
 Linnaeus, Carl 23, 42, 43, 44, 114, 239,
 271, 370, 488

lipitler 148, 149
 Lokiarchaeota 481
 Lovelock, James 213, 327
 Luehrsén, Ken 12, 105, 106, 107, 108,
 109, 119, 120, 140, 141, 150
 Lyell, Charles 54, 55, 56, 61, 62, 239

M

MacLeod, Colin 290, 291, 292, 293
 Magrum, Linda 14, 136, 140, 150, 260,
 263
 Malthus, Thomas 58, 59
 mantarlar 19, 23, 38, 87, 89, 99, 111,
 155, 160, 175, 209, 239, 250, 251, 255,
 257, 278, 302, 310, 331, 332, 383, 392,
 403, 479
 Margulis, Lynn 11, 22, 23, 24, 25, 159,
 160, 163, 165, 171, 172, 176, 181, 183,
 184, 185, 186, 187, 189, 190, 191, 192,
 193, 196, 199, 201, 202, 203, 205, 212,
 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220,
 253, 255, 256, 257, 258, 265, 268, 271,
 275, 276, 327, 358, 375, 381, 403
 Margulis, Thomas N. 170
 mariner 434
marinobacter salarius 130
 Martin, William F. 343, 372, 374, 376,
 377, 378
 mavi-yeşil algler 115, 116, 190, 199, 255
 maya 107, 108, 117, 119, 121, 329, 342,
 368, 382, 434
 mayoz bölünme 161
 Mayr, Ernst 218, 488
 McClintock, Barbara 22, 433, 434, 435,
 437, 438, 442
 Mendel, Gregor 165, 166, 214
 Merezkowsky, Constantin 165, 167,
 169, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178,
 179, 180, 181, 182, 183, 184, 187, 196,
 358, 380, 381, 403

Mészöly, László 191, 192, 194
 metagenomi, metan, metanojenler 108,
 110, 119, 120, 131, 135, 137, 143, 144,
 145, 147, 148, 152, 153, 361, 418, 419
Methanobacterium ruminantium 24, 109
Methanobacterium thermoautotrophicum
 120, 144
Methanococcus janaschii 361
 meyve sinekleri 287, 340, 434
Microcosmos (Margulis ve Sagan) 214
 mide ülseri 338
 mikrobiyom 407, 408, 410, 418, 419, 421
 mikropolar 13, 19, 24, 39, 85, 111, 136,
 152, 206, 249, 260, 266, 268, 269, 298,
 310, 318, 332, 343, 379, 407, 408, 409,
 410, 411, 414, 415, 416, 418, 421, 426,
 465, 466
 mikroskop 39, 46, 82, 85, 88, 111, 115,
 116, 132, 155, 160, 162, 168, 174, 181,
 186, 207, 217, 230, 249, 250, 259, 271,
 283, 286, 330, 410, 451
 mikrozomal tanecikler 88
 mitokondri 13, 162, 163, 169, 181, 182,
 183, 184, 187, 201, 202, 203, 204, 205,
 206, 207, 208, 209, 210, 211, 215, 252,
 358, 371, 381, 382, 383, 384, 387, 403,
 477, 480, 481
 mitoz/eşeysiz bölünme 160, 161, 185,
 235, 252
Mitrocoma annae 235
 modern sentez (neo-Darwin'cilik) 396
 moleküler filogenetik 11, 12, 18, 24,
 71, 75, 81, 82, 87, 153, 246, 365, 397,
 400, 445, 476
 moleküler saat 80, 82, 134, 159
 monera 238, 242, 245, 249, 252
 monizm/tekçilik 234, 235
 Monod, Jacques 143, 154
 morfoloji 226, 246, 250, 251, 269, 371
 Morgan, Thomas Hunt 287, 498, 502,
 538

mutasyonlar 78, 214, 215, 268, 303, 333, 339, 426, 433, 434, 448, 456, 461, 462

Mycoplasma hominis 128

N

NCTCI 314, 315, 319

Neandertaller 488, 489

Neisseria gonorrhoeae 129

neo-Darwin'cilik 214, 218, 396

nükleik asitler 288, 292, 412

nükleotitler 72, 99

O-Ö

opossumlar 455

orak hücre anemisi 78

organeller 162, 166, 167, 169, 201, 206, 219, 381, 382, 394

ökaryotlar 87, 88, 116, 117, 118, 121, 134, 173, 184, 186, 192, 204, 252, 265, 269, 270, 273, 275, 278, 328, 362, 365, 367, 371, 374, 375, 394, 403, 480

P

P-32 (radyoaktif fosfor) 101, 102, 107, 136, 150, 193, 198

Pace, II 435

Pace, John K. 435, 436, 437, 438, 440

Pace, Norman 12, 14, 191, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 423, 435, 470, 472, 475, 482, 494

palindrom 461, 464, 465

Panisset, Maurice 325, 326, 327, 328

partenogenez 331, 335

Pasteur, Louis 111

Pauling, Linus 23, 77, 78, 79, 80, 82, 93, 94, 98, 135, 159, 442

penisilin 297, 301, 313, 315, 316, 318

Pennisi, Elizabeth 362, 363, 368, 369

peptit 390

periyodontit 411

Piper, Debra 12, 14, 430, 431, 484, 485, 492, 493, 494

plakozolar 255

Plaut, Walter 166, 167, 169

plazmidler 316, 317, 321, 326, 329, 465

Pneumococcus pneumoniae 282, 325

pnömokok 282, 283, 284, 285, 289, 290, 291, 292

potistalar 238, 249, 251, 252, 255

progenot 272, 273, 390

prokaryotlar 120, 148, 192, 252, 263, 278, 378, 403

proteinler 72, 73, 74, 75, 78, 79, 83, 87, 88, 89, 91, 94, 99, 272, 287, 288, 367, 368, 382, 383, 388, 390, 433, 453, 481

protein taksonomisi 75, 76, 82, 397, 442

protista 239, 249, 251, 252, 255, 257

protozoalar 255

Pseudomonas 338

R

radiolaria (ışınılar) 223, 224, 226, 230, 231, 233, 238, 239, 507

radyoaktif fosfor (P-32) 97, 98, 101, 107, 120, 136

retrovirüsler 449, 450, 451, 456, 490

R faktörü (direnc transfer faktörü) 304, 305

ribozomal RNA (rRNA) 91, 92, 96, 97, 99, 100, 102, 107, 119, 121, 132, 135, 141, 150, 189, 190, 192, 193, 195, 203, 205, 259, 260, 269, 271, 362, 371, 388, 411, 414, 416, 418, 472, 474

Richards, Robert J. 225, 226, 229, 231, 233, 234, 236, 245

Ridley, Matt 74, 89

Ris, Hans 165, 166, 167, 172, 184, 187

RNA 18, 75, 83, 84, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 107, 109, 119, 120, 121, 123, 132, 135, 136, 141, 143, 150, 152, 187, 189, 190,

191, 192, 193, 195, 197, 198, 200, 202, 203, 205, 208, 209, 259, 260, 266, 269, 271, 273, 288, 359, 362, 371, 388, 389, 390, 391, 411, 414, 416, 418, 424, 426, 446, 450, 461, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 492

RNA polimeraz 152

Roberts, Jodie 14, 312, 313, 314, 318

rotiferler 330, 331, 332, 448

Russell, Bertrand 78

S-Ş

Sagan, Carl 165, 168, 170

Sagan, Dorion 12, 15, 165, 168

Salzberg, Steven L. 342, 343, 432

Sanger, Frederick 87

Schiller, Friedrich 225, 226, 231

sembiyoz 253

sentriyoller 162, 163, 184, 185, 186, 187

Sethe, Anna 227

sığır insülini 87, 94

sifilis/rengi 129, 392, 411

siliya 184, 185, 186, 330

simbiyogenez, ayrıca bkz.

endosimbiosis 358

simbiyontizm 183

sinsitin 453, 454, 455, 456, 457, 458, 490

sitoplazma, sitoplazmik kalıtım 166, 168, 169, 176, 193, 195

siyanobakteri 130, 163, 167, 175, 176, 190, 191, 206, 208, 210, 381

siyanobakteri (mavi-yeşil algler) 116, 190, 199, 255

siyanofitler 176

Sogin, Mitchell 12, 14, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 103, 107, 140, 193, 198, 276, 414

Sonea, Sorine 325, 326, 327, 328, 371, 490

Spiegelman, Sol 94, 96, 197, 198, 199, 412, 417

spiroketler 129, 184, 185, 187, 188, 206, 217, 410, 411

Stanier, Roger 115, 116, 117, 118, 126, 137, 146, 148, 153, 161, 191, 252, 276, 374

Staphylococcus 20, 129, 301, 317, 538, 539, 545

Staphylococcus aureus 20, 129, 301, 317, 538, 539, 545

sulfa ilaçları 290, 301, 303

süper-organizma 326, 327, 490, 491

şempanzeler 242, 489

T

Tatum, Edward L. 295, 296, 299

tenrek, termoasidofiller 153, 436, 439

termofil 127, 149, 150

The Antibiotic Paradox (Levy) 309

The Society for Evolutionary Protistology 255

The Washington Post 138, 144, 481

Thermus aquaticus 127, 149, 415, 416

Theseus'un Gemisi problemi 399

Thiomargarita namibiensis 128

Thompson, Jerry 469

Thomson, William (Lord Kelvin) 424
transdüksiyon 295, 297, 298, 299, 300, 304

transpozonlar 435, 437, 440, 450, 452
treponema pallidum, treponemler 392, 411

trilobitler 65

tümörler 337, 340, 450, 451

Türlerin Kökeni (Darwin) 56, 60, 62, 160, 183, 223, 371, 393, 443, 444, 445

U

Ulusal Bilimler Akademisi 212, 215, 275, 441, 477, 483

Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) 142

undulipodia 186, 217, 219, 358

V

virüsler 87, 169, 295, 301, 310, 438, 451, 456, 465, 466
 Vossbrinck, Charlie 12, 14, 354, 475, 476, 477, 478

W

Wallace, Alfred Russel 60, 61, 62, 63, 216, 239, 396, 444
 Wallin, Ivan E. 165, 169, 181, 182, 183, 184, 187, 202, 268, 381
 Watanabe, Tsutomu 23, 300, 301, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 314, 316, 321, 325
 Watson, James 71, 72, 154
 Wheelis, Mark L. 276, 359, 366, 391
 Whittaker, Robert H. 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 258, 271, 276
 Wilson, E. B. 169, 172, 187
 Wilson, Edward O. 442
 Woese, Carl 359, 361, 362, 366, 368, 371, 374, 375, 376, 383, 388, 389, 390, 391, 397
 Wolbachia bakterisi 336
 Wolfe, Ralph 263, 275, 277, 418, 469, 470

Y

yakınsama 18, 256
 yanal gen transferi bkz. yatay gen transferi (YGT) 328
 Yapısal RNA 90
 yaratılışçılık, yaratılışçılar 395, 396, 398, 426
 yaşam ağacı/ağaçları 11, 37, 38, 51, 83, 84, 97, 99, 110, 111, 113, 117, 137, 155, 191, 192, 197, 209, 215, 220, 224, 245, 249, 257, 269, 273, 323, 342, 349, 358, 363, 364, 366, 370, 372, 375, 376, 379, 383, 386, 388, 389, 393, 394, 399, 442, 445, 459, 464, 482, 492
 yaşam merdiveni 39, 49
 Yatay transpozon transferi (YTT), 438

Z

Zhang, Feng 467
 zooit 491
 Zuckerkandl, Emile 77, 78, 79, 80, 81, 82, 93, 135, 159, 442



Canlı organizmalarda bulunan protein moleküllerindeki  e itlili e bakarak yaşamın derin tarihini okuyabilir miyiz?

David Quammen, moleküler filogenetikteki son keşiflerin evrim anlayışımızı ve yaşamı nasıl de i tirdi ini, insan sağlığı ve insan doğası için ne tür çıkarımları olabileceğini bilim tarihinde iz bırakan araştırmacıların yaşamları üzerinden anlatıyor: arkeleri keşfeden Carl Woese, endosimbiyotik teorisinin mimarı Lynn Margulis, yatay gen transferinin  a ırtıcı sonuçlarını ortaya koyan Tsutomu Watanabe ve diğerleri...

İnsan birey nedir? Bizler neyiz? Bu keşifler insanın kimliğine, bireyselli ine ve tarihine dair ne gibi etkiler taşıyor? Canlılar arası evrimsel bağlantıların atalarından kalma doğası ve her bir organizmanın i  içe geçme derecesine ışık tutan *K rd   m Evrim Ağacı* biyolojideki en büyük hik yelerden birini ele alıyor.



Tellekt

rw.tellekt.com

78-625-7118-07-1



50 TL