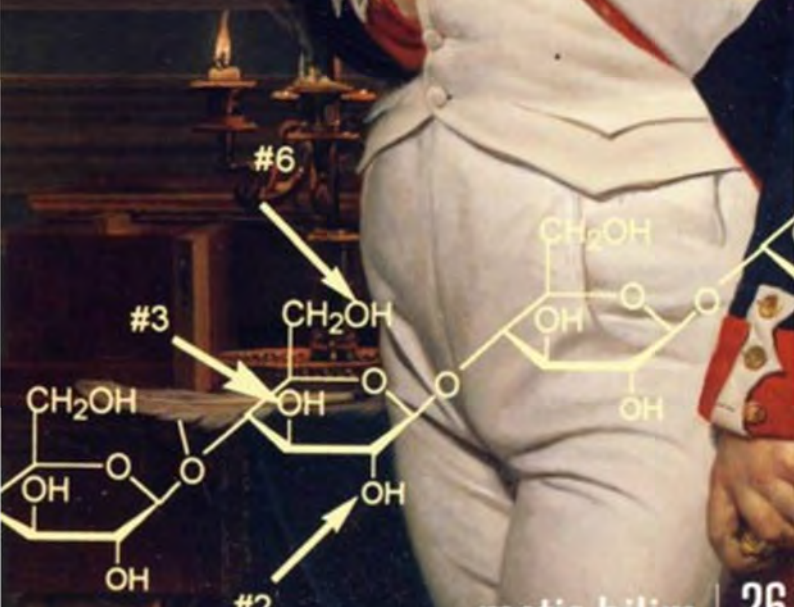
PENNY LE COUTEUR ve JAY BURRESON

Napolyon'un Düğmeleri

DÜNYA TARİHİNİ DEĞİŞTİREN 17 MOLEKÜL



metis bilim | 26

PENNY LE COUTEUR ve JAY BURRESON

Napolyon'un Düğmeleri

DÜNYA TARİHİNİ DEĞİŞTİREN 17 MOLEKÜL

PENNY CAMERON LE COUTEUR: 1943 yılında Auckland, Yeni Zelanda'da doğdu. Lisans eğitimini ve mastırını Auckland Üniversitesi'nde tamamladıktan sonra California Üniversitesi'nde fiziksel organik kimya üzerine doktora yaptı. Uzun yıllar Kanada'daki Capilano Üniversitesi'nde kimya profesörü olarak çalıştı ve kimya öğretiminde gösterdiği başarıdan ötürü 1988 yılında Polysar Ödülü'ne layık görüldü. Uzaktan eğitim kurslarından ders kitaplarına kadar kimyayla ilgili birçok projeye katkıda bulunan Le Couteur halen Vancouver'da yaşıyor.

JAY BURRESON: 1942 yılında doğdu. Lisansüstü eğitimini Hawaii Üniversitesi'nde tamamladı ve aynı üniversitede kimya üzerine doktora sonrası araştırmalarını sürdürdü. Uzun yıllar endüstriyel kimya alanında çalışan Burreson, halen Oregon'daki bir ileri teknoloji firmasının genel müdürlüğünü yapıyor.

Metis Yayınları
İpek Sokak 5, 34433 Beyoğlu, İstanbul
Tel: 212 2454696 Faks: 212 2454519
e-posta: info@metiskitap.com
www.metiskitap.com
Yayınevi Sertifika No: 10726

Napolyon'un Düğmeleri
Dünya Tarihini Değiştiren 17 Molekül
Penny Le Couteur ve Jay Burreson

İngilizce Basımı:
Napoleon's Buttons
17 Molecules That Changed History
Jeremy P. Tarcher/Penguin, 2004

© Micron Geological Ltd. ve Jay Burreson, 2003
Türkçe Yayım Hakları © Metis Yayınları, 2012

Bütün hakları saklıdır. Hak sahiplerinin yazılı izni olmaksızın tamamen ya da kısmen hiçbir biçim altında çoğaltılamaz.

Türkçe Basım, Penguin Group (USA) Inc. üyesi Jeremy P. Tarcher ile yapılan sözleşme temelinde yayımlanmıştır.

İlk Basım: Mart 2014

Yayıma Hazırlayan: Özde Duygu Gürkan

Kapak Resmi: Jacques Louis David,
"Napolyon Tuileries'deki çalışma odasında", detay, 1812.
The National Gallery of Art, Washington, D.C.
Tuval üzerine yağlıboya, 203.9 x 125.1 cm

Kapak Tasarımı: Emine Bora

Dizgi ve Baskı Öncesi Hazırlık: Metis Yayıncılık Ltd.
Baskı ve Cilt: Yaylacık Matbaacılık Ltd.
Fatih Sanayi Sitesi No. 12/197-203
Topkapı, İstanbul Tel: 212 5678003
Matbaa Sertifika No: 11931

ISBN-13: 978-975-342-942-9

PENNY LE COUTEUR ve JAY BURRESON

Napolyon'un Düğmeleri

DÜNYA TARİHİNİ DEĞİŞTİREN 17 MOLEKÜL

Çeviren: Raşit Gürdilek

metis

Ailelerimize

İÇİNDEKİLER

	Giriş	9
1	Karabiber, Hintcevizi ve Karanfil	27
2	Askorbik Asit	43
3	Glukoz	61
4	Selüloz	78
5	Nitro Bileşikleri	94
6	İpek ve Naylon	111
7	Fenol	128
8	İzopren	146
9	Boyalar	167
10	Mucize İlaçlar	186
11	Doğum Kontrol Hapı	205
12	Cadılık Molekülleri	226
13	Morfin, Nikotin ve Kafein	249
14	Oleik Asit	273

15 Tuz 294

16 Klorokarbon Bileşikleri 312

17 Sıtmayla Savaşan Moleküller 333

Sonsöz 353

Teşekkür 357
Kaynakça 359
Dizin 365

GİRİŞ

Bir mıh yüzünden nal elden gitti.
Bir nal yüzünden at elden gitti.
Bir at yüzünden atlı elden gitti.
Bir atlı yüzünden savaş elden gitti.
Savaş kaybedilince krallık elden gitti.
Hepsi bir nal mıhı yüzünden olup bitti.

Eski bir İngiliz çocuk şarkısı

1812 TEMMUZUNDA Napolyon'un ordusunda 600.000 asker vardı. Aralık başlarındaysa, bir zamanların mağrur Grande Armée'sinde kala kala 10.000'den az adam kalmıştı. Napolyon'un kuvvetlerinin perişan kalıntıları Moskova'dan başlayan uzun çekiliş sürecinde, Rusya'nın batısındaki Borisov kasabası yakınlarında bulunan Berezina Irmağı'nı geçmişti. Geriye kalan askerleri, yoldaşlarını Rus ordusuyla birlikte yenilgiye uğratan düşmanlar bekliyordu: açlık, hastalık ve kanları donduran soğuk. Rus kışının dondurucu soğuğunda hayatta kalmalarını sağlayacak giyim ve donanımdan yoksun olduklarından daha pek çoğu ölecekti.

Napolyon'un Moskova'dan çekilişinin Avrupa haritası üzerinde önemli sonuçları oldu. 1812 yılında Rusya'nın nüfusunun yüzde doksanı, bir toprak sahibinin tartışmasız mülkü olan, canı istediğinde alıp satabildiği ya da başkalarıyla değiştokuş edebildiği serflerden oluşuyordu. Bu durum köleliğe, Batı Avrupa'daki serfliğin hiç olmadığı kadar yakındı. 1789-99 Fransız İhtilali'nin ilke ve idealleri, Napolyon'un muzaffer ordularının ardından yürüyerek toplumların feodal yapısını parçalıyor, siyasi sınırları değiştiriyor ve ulusalcılık

kavramını yayıyordu. Napolyon'un mirası aynı zamanda pratikti. Herkes için geçerli kamu yönetimi ve yasal hükümler, birbirinden çok farklı ve kafa karıştırıcı yerel yasa ve kurallar sisteminin yerini aldı. Birey, aile ve mülkiyet haklarına ilişkin yeni kavramlar ortaya çıktı. Yöreden yöreye değişen yüzlerce farklı ölçü biriminin kargaşası yerine, ağırlık ve ölçüler için ondalık sistem standart hale geldi.

Peki, Napolyon'un komuta ettiği en büyük ordunun yenilgisine yol açan neydi? Nasıl oldu da Napolyon'un daha önceki savaşlardan muzaffer çıkan askerleri Rusya seferinde tökezledi? Ortaya sürülen en garip teorilerden biri eski bir anaokulu şarkısında özetini buluyor: "Hepsi bir düğme yüzünden olup bitti." Her ne kadar şaşırtıcı görünse de, Napolyon'un ordusunun dağılması, bir düğmenin, daha ayrıntılı tanımıyla, piyadelerin paltolarından pantolon ve ceketlerine kadar tüm giysilerini ilikleyen kalaydan yapılma bir düğmenin parçalanıp gitmesi gibi çok küçük bir nedene bağlanabilir. Parlak metalik kalay, sıcaklık düştüğünde, ufalanan, metalik olmayan gri bir toza dönüşür – hâlâ kalay olmakla birlikte farklı bir yapısal biçim alır. Napolyon'un ordusunun düğmelerine olan bu muydu? Borisov'da bir gözlemci Napolyon'un ordusunu "kadın pelerinlerine, eski püskü halı parçalarına ya da yanık delikleriyle dolu paltolara bürünmüş bir hayaletler güruhu" diye tarif etmişti. Napolyon'un adamları, üniformalarındaki düğmeler dağıldıkça iliklerine işleyen soğukla güçten düşüp askerlik yapamayacak hale mi gelmişlerdi? Düğmelerin yokluğunda askerler, ellerini artık silah taşımak yerine üstlerini başlarını kapalı tutmak için mi kullanıyorlardı?

Bu teorinin doğruluğunun önünde epey engel var. Bir kere, "kalay hastalığı" denen bu durum Kuzey Avrupa'da yüzyıllardır biliniyordu. Ayrıca, askerlerinin her an savaşa hazır olmasına büyük özen gösteren Napolyon, giysilerde bu düğmelerin kullanılmasına neden izin versindi ki? Üstelik kalayın ufalanması, 1812'deki Rus kışı gibi çok düşük sıcaklıklarda bile ağır işleyen bir süreçtir. Ama yine de ilgi çeken bir hikâye olduğundan kimyacılar bunu Napolyon'un yenilişinin kimyasal izahı olarak anlatmayı pek severler. Öte yandan bir an için kalay teorisinde bir nebze gerçeklik olduğunu varsayarsak, kalay soğukta ufalanmasaydı Fransızlar topraklarını doğuya doğru genişletmeyi sürdürür müydü acaba diye düşünmeden edemeyiz.

Rus insanının sırtından serflik yükü, zamanından elli yıl önce kaldırılabilir miydi? Napolyon'un imparatorluğunun sınırlarıyla aşağı yukarı örtüşen –ve onun kalıcı etkisinin bir kanıtı olan– Batı ve Doğu Avrupa arasındaki ayrım bugün de görülebilir miydi?

Tarih boyunca metaller insanlığı etkileyen olayların biçimlenmesinde anahtar rol oynadı. Napolyon'un düğmeleriyle ilgili doğruluğu su götürür rolü bir tarafa, İngiltere'nin güneyindeki Cornish madenlerinden çıkarılan kalay Romalılar arasında çok revaçtaydı ve Roma İmparatorluğu'nun Britanya içlerine uzanmasının nedenlerinden biriydi. 1650 yılına gelindiğinde, Yeni Dünya'dan gelen yaklaşık on altı bin ton gümüş, önemli bir kısmı Avrupa'daki savaşları desteklemekte kullanılmak üzere İspanya ve Portekiz'in kasalarını doldurmuştu. Altın ve gümüş arayışının, pek çok bölgenin keşfi, iskânı ve çevre sağlığı üzerinde muazzam etkileri oldu. Örneğin on dokuzuncu yüzyılda California, Avustralya, Güney Afrika, Yeni Zelanda ve Kanada'nın Klondike bölgesindeki "altına hücum" süreçleri, buraların yerleşime açılmasında önemli rol oynadı. Dahası dillerimizde de bu metallerle ilgili pek çok sözcük ya da deyim bulunuyor: altın standardı, altın gibi, altın kalpli, altın yıllar... Tarihte koskoca dönemler, metallerin önemine işaret eden adlar aldı. Kalay ve bakırın bileşiği olan bronzun silah ve alet yapımında kullanıldığı bronz çağını, demirin dökümü ve demir araç gereçlerin kullanımıyla tanımlanan demir çağı izledi.

Ama tarihi biçimlendiren yalnızca kalay, altın ve demir gibi metaller mi? Metaller birer element, yani kimyasal tepkimelerle daha basit maddelere bozunamayan maddelerdir. Doğada yalnızca 90 element bulunur ve çok küçük miktarlarda olmak üzere 20 kadar da insan yapımı element eklenmiştir. Oysa yedi milyon kadar bileşik, yani belirli oranlarda kimyasal olarak birleşmiş iki ya da daha fazla elementten oluşan madde vardır. O halde, tarihte çok önemli roller oynamış bileşikler, yokluklarında uygarlığın gelişmesinin çok farklı olacağı bileşikler, dünyada olayların seyrini değiştirmiş bileşikler de bulunmalı. Bu heyecan verici fikir, bu kitabın her bölümünün altında yatan birleştirici temayı teşkil ediyor.

Bazı sıradan ve sıradışı bileşiklere bu farklı perspektiften baktığımızda ortaya son derece ilginç hikâyeler çıkıyor. 1667 yılında im-

zalanan Breda Antlaşması'yla Hollandalılar, günümüz Endonezyasındaki Java adasının doğusunda yer alan Maluku (ya da Baharat) Adaları'nda küçücük bir grup oluşturan Banda Adaları'ndaki Run adasına –ufak bir atol– karşılık Kuzey Amerika'daki yegâne yerleşimleri üzerindeki haklarından vazgeçtiler. Bu antlaşmanın öteki tarafı olan İngiltere de, işe yarar tek varlığı hintcevizi bahçeleri olan Run adası üzerindeki meşru haklarından vazgeçerek, dünyanın öte tarafında başka bir toprak parçasının, Manhattan adasının mülkiyetini aldı.

Hollandalılar, Doğu Hint Adaları'na ve efsanevi Baharat Adaları'na ulaşmak için bir Kuzeybatı Geçidi arayan Henry Hudson'ın bölgeyi ziyaretinden kısa süre sonra Manhattan üzerinde hak ilan etmişlerdi. 1664 yılındaysa, Hollandalıların Manhattan'da kurup Nieuw Amsterdam (Yeni Amsterdam) adını verdikleri yerleşim biriminin valisi Peter Stuyvesant, koloniyi İngilizlere teslim etmek zorunda kaldı. Hollandalıların bu gaspa ve öteki bazı toprak ihtilaflarına karşı çıkmaları nedeniyle iki ülke üç yıl süreyle savaştı. Bu arada Run adasının İngiliz egemenliğinde olması, hintcevizi ticareti üzerindeki tekelini pekiştirmek için adaya gereksinim duyan Hollandalıları kızdırıyordu. Bölgede uzun süredir acımasız bir sömürgecilik, katliam ve kölelik düzeni kurmuş olan Hollandalılar, İngilizlerin bu kârlı baharat ticaretine burunlarını sokmalarına izin vermek niyetinde değildi. Dört yıl süren bir kuşatma ve kanlı savaşlardan sonra Hollandalılar Run'u işgal ettiler. İngilizler de buna Hollanda Doğu Hindistan Şirketi'nin kıymetli yüklerle dolu gemilerine saldırarak karşılık verdiler.

Hollandalılar, İngilizlerden yaptıkları korsanlık için tazminatla birlikte Yeni Amsterdam'ı geri vermelerini talep ettiler. İngilizlerse Doğu Hint Adaları'ndaki Hollanda mezalimi için tazminat ve Run adasının geri verilmesini istediler. Taraflardan hiçbiri geri adım atmaya yanaşmadığından ve deniz savaşlarında da birbirlerine üstünlük kuramadıklarından, Breda Antlaşması her iki tarafa da onurlarını kurtaracak bir fırsat sundu. İngilizler, Run üzerindeki iddialarından vazgeçmelerine karşılık Manhattan'ı ellerinde tutacaklardı. Hollandalılarsa Run adasını ellerinde tutacak ve buna karşılık Manhattan üzerindeki hak iddialarından vazgeçeceklerdi. Adı New York

olarak değiştirilen Nieuw Amsterdam'da göndere İngiliz bayrağı çekilirken, bu işten sanki Hollandalılar kârlı çıkmış gibiydi. Öyle ya, hintcevizi ticaretinin muazzam getirisine kıyasla nüfusu bin kişiyi geçmeyen bir Yeni Dünya yerleşiminin değerini kaç kişi savunabilirdi ki?

Peki, bu hintcevizi neden bu kadar değerliydi? Karanfil, biber ve tarçın gibi başka baharatla birlikte hintcevizi de Avrupa'da gıdaların korunmasında, tatlandırmada ve ilaç olarak tıpta yaygın bir şekilde kullanılmaktaydı. Ama bunların yanı sıra başka, daha önemli bir rolü de vardı. Hintcevizinin, insanları Kara Ölüm diye bilinen, on dördüncü ve on sekizinci yüzyıllar arasında zaman zaman Avrupa'yı kırıp geçiren vebaya karşı koruduğu sanılıyordu.

Artık Kara Ölüm'ün, pire ısırıklarıyla hastalıklı sıçanlardan insanlara bulaşan bakteriyel bir hastalık olduğunu biliyoruz. Dolayısıyla vebayı uzak tutmak için boynunda küçük bir torba içinde hintcevizi taşımak ortaçağın batıl inançlarından bir yenisiymiş gibi görünebilir – ta ki hintcevizinin kimyasına bir bakış atana kadar. Hintcevizine karakteristik kokusunu veren, izoöjenol adlı bir maddedir. Bitkiler izoöjenol türünden bileşikleri zararlılara, otlayan hayvanlara, böceklere ve mantarlara karşı savunma silahı olarak geliştirirler. Hintcevizi içindeki izoöjenolün de pireleri kaçıran doğal bir böcek öldürücü işlevi görmüş olması pekâlâ mümkündür. (Tabii, hintcevizi alabilecek kadar zengin idiyseniz, büyük olasılıkla daha az kalabalık koşullarda, daha az sayıda sıçan ve pireyle yaşardınız, dolayısıyla da veba etkenlerine daha az maruz kalırdınız, o da ayrı.)

Hintcevizi vebaya karşı koruma sağlamış olsun ya da olmasın, gösterilen rağbeti ve fiyatını, içerdiği uçucu ve kokulu moleküllere borçluydu. Baharat ticaretine eşlik eden keşifler ve sömürgecilik, Breda Antlaşması ve bugün New Yorklulara Nieuw Amsterdamlılar denmemesi, izoöjenol bileşiğine bağlanabilir.

İzoöjenolün öyküsünü irdelemek, bizi hepsi de dünyayı değiştirmiş, kimisi iyi bilinen ve dünya ekonomisi ya da insan sağlığı için hâlâ büyük önem taşıyan, kimisiyse unutulup gitmiş pek çok başka bileşik üzerinde durmaya yöneltti. Tüm bu kimyasallar ya tarihte çok önemli bir olaydan ya da toplumu değiştiren bir dizi olaydan sorumlu.

Bu kitabı, kimyasal yapılarla tarihi olaylar arasındaki son derece ilginç bağlantıların öykülerini anlatmak, görünürde birbiriyle ilgisiz olayların aslında benzer kimyasal yapılara dayandığını ve toplumun gelişmesinin bazı bileşiklerin kimyasına ne kadar bağlı olduğunu göstermek için yazmaya karar verdik. Büyük olayların bir molekül, yani belli bir düzen içinde bir arada tutulan iki ya da daha fazla öğeden oluşan bir atom grubu kadar küçük bir şeye bağlı olabileceği fikri, insan uygarlığının gelişiminin anlaşılması için yeni bir yol sunuyor. Bir bağın, yani bir molekül içindeki atomlar arasındaki bağlantının yeri kadar küçük bir değişiklik bile, bir maddenin özelliklerinde çok büyük değişikliklere yol açabilir; bu da tarihin akışını değiştirebilir. Anlayacağınız, bu kitap kimyanın tarihi değil, tarihte kimyanın yeri üzerine.

Bu kitaba giren bileşiklerin seçimi kişiseldir ve seçilmiş olanlar da listenin tamamının küçük bir bölümüdür. Hem öyküleri hem de kimyaları açısından en ilginç bulduğumuz bileşikleri seçtik. Seçtiğimiz moleküllerin dünya tarihi açısından en önemlileri olup olmadıkları tartışılabilir. Kimya dünyasından meslektaşlarımız, kuşkusuz listeye yenilerini ekleyecek ya da ele aldıklarımızın bazılarını çıkartacaklardır. Biz burada kanımızca neden bazı moleküllerin coğrafi keşiflere esin verdiğini ve diğer bazılarının da bu keşifler için yapılan uzun deniz yolculuklarını mümkün kıldığını açıklayacağız. Ticaretin gelişimi için kritik önem taşıyan, göçlerden ve sömürgeleştirmeden sorumlu olan ve sonunda köleliğe ve zorla çalıştırmaya yol açan molekülleri anlatacağız. Bazı moleküllerin kimyasal yapılarının yediklerimizi, içtiklerimizi ve giydiklerimizi nasıl değiştirdiğini tartışacağız. Gerek tıptaki gerekse genel temizlik ve halk sağlığı alanlarındaki ilerlemeleri tetiklemiş moleküllere bakacağız. Büyük mühendislik başarılarına yol açmış moleküllerin ve kimisi milyonlarca ölümden sorumluyken kimisi milyonlarca yaşam kurtarmış savaş ve barış moleküllerinin üzerinde duracağız. Toplumsal cinsiyet rolleri, insan toplum ve kültürleri, hukuk ve çevre açısından ne çok değişimin birkaç hayati molekülün kimyasal yapısına bağlı olduğunu göreceğiz. (Bu bölümlerde odaklanacağımız on yedi molekül –başlıkta sözü edilenler– her zaman tekil molekül-

ler değil, genelde yapıları, özellikleri ve tarihteki rolleri birbirine çok benzeyen molekül grupları olacak.)

Bu kitapta ele alınan olayları kronolojik bir tarihsel akışa göre düzenlemedik. Bunun yerine, bölümlerimizi bağlantılar üzerine kurduk – yani benzer moleküller, molekül dizileri ve hatta kimyasal açıdan oldukça farklı olmalarına karşılık benzer özelliklere sahip ya da benzer olaylarla ilişkilendirilebilen moleküller arasındaki bağlar üzerine. Örneğin Sanayi Devrimi, başlangıcını Kuzey ve Güney Amerika'da köle emeğiyle üretilen bir bileşiğin (şeker) sağladığı kârlara borçluyken, İngiltere'deki önemli ekonomik ve toplumsal değişimleri körükleyen, başka bir bileşik (pamuk) oldu. İşin bir ilginç yanı da pamuğun, kimyasal açıdan şekerin ağabeyi ya da kuzeni olması. Alman kimya endüstrisi ise on dokuzuncu yüzyılın sonlarındaki gelişimini kısmen, kömürden gaz üretiminin artık ürünü olan katrandan yapılan yeni boyalara borçluydu. Aynı Alman şirketleri, yeni boyalarınkiyle benzer kimyasal yapılara sahip moleküllerden oluşan ilk sentetik antibiyotikleri de üretmişlerdi. Kömür katranı ayrıca, daha sonra ilk sentetik plastikte de kullanılan ve kimyasal olarak hintcevizindeki kokulu molekül izoöjenol ile akraba olan fenol adlı ilk antiseptiğin de hammaddesi oldu. Bu tür kimyasal bağlantılara tarihte sık sık rastlanır.

Pek çok kimyasal keşifte tesadüfün payı da bizi oldukça heyecanlandırdı. Gerçi şans çoğu kez büyük buluşlarda önemli rol oynamış bir faktör olarak gösterilmiştir; ama bize öyle geliyor ki, buluşçuların olağandışı bir şey meydana geldiğini fark etmeleri –ve bunun nasıl olduğunu, bundan nasıl yararlanılabileceğini sorgulamaları– daha büyük önem taşır. Kimyasal deneyler sırasında garip ama potansiyel önemi büyük bir sonucun gözardı edildiği ve fırsatın böylece kaçırıldığı çok olmuştur. Beklenmedik bir sonuca rastlantısal bir sapma diye burun kıvırmak yerine onun potansiyel getirilerini görme becerisini takdir etmek gerekir. Ele alacağımız bileşikleri icat eden ya da keşfedenlerden bazılarının kimyacı olmasına karşılık, bazılarının bilimsel eğitimi yoktu. Pek çoğu sıradışı, başarıya odaklı ya da tutkulu kişilikler olarak tanımlanabilir. Öyküleriyse büyüleyici.

BU ORGANİK DENEN ŞEY BAHÇECİLİKLE İLGİLİ DEĞİL MİYDİ?

İzleyen sayfalardaki kimyasal bağları anlamanıza yardımcı olması için önce kimyasal terimlere kısaca bir göz atacağız. Bu kitapta sözü edilen bileşiklerden birçoğu organik bileşikler diye sınıflandırılır. Son yirmi-otuz yıldaysa organik sözcüğü orijinal tanımından hayli farklı bir anlam kazanmış bulunuyor. Bugünlerde genellikle bahçecilik ya da gıdalar için kullanılan organik teriminden, böcek öldürücüler, yabanotu ilaçları ve suni gübre kullanılmadan yapılan tarım faaliyetleri anlaşılıyor. Ancak, başlangıçta organik sözcüğü, yaklaşık iki yüz yıl önce, 1807 yılında İsveçli kimyager Jöns Jakob Berzelius'un canlı organizmalardan elde edilen bileşikler için kullandığı kimyasal bir terimdi. İnorganik teriminiyse canlılardan gelmeyen bileşikler için kullanıyordu Berzelius.

Doğadan elde edilen kimyasal bileşiklerin bir şekilde özel oldukları, belirlenebilir ya da ölçülebilir olmasa da yaşama ait bir öz taşıdıkları fikri on sekizinci yüzyıldan beri yaygındı. Bu öz, yaşam enerjisi olarak biliniyordu. Bitkilerden ya da hayvanlardan elde edilen bileşiklerde mistik bir şeyler bulunduğu inancına vitalizm deniyordu. Organik bir bileşiği laboratuvarda yapmak, terimin anlamı itibariyle mümkün görünmüyordu; ama ironik bir şekilde Berzelius'un kendi öğrencilerinden biri tam da bunu yaptı. 1828 yılında, sonradan Almanya'daki Göttingen Üniversitesi'nde kimya profesörlüğü yapacak olan Friedrich Wöhler, inorganik bir bileşik olan amonyağı siyanik asitle birlikte ısıtarak, hayvan idrarından yalıtılan organik bir bileşik olan üre ile tıpatıp aynı üre kristalleri üretti.

Her ne kadar vitalistler siyanik asidin kurumuş kandan elde edildiği için organik olduğu görüşünü savunsalar da, vitalizm teorisi çatlamaya başlamıştı. Sonraki otuz-kırk yıl içinde başka kimyagerlerin de tümüyle inorganik kaynaklardan organik bileşikler üretebilmeleri üzerine tamamen tuzla buz oldu. Bazı biliminsanlarının sapkınlık olarak gördükleri bir şeye inanmaktaki gönülsüzlüklerine karşın, vitalizmin ölümü genel kabul görmeye başlamıştı. Organik sözcüğüne artık yeni bir kimyasal tanım gerekiyordu.

Organik bileşikler günümüzde karbon elementini içeren bileşikler olarak tanımlanmakta. Bu durumda organik kimya da, karbon bileşikleri üzerindeki çalışmalar oluyor. Ancak bu da mükemmel bir tanım değil; çünkü bazı bileşikler karbon içerdikleri halde kimyacılarca organik sayılmıyor. Nedeni geleneklerle ilgili. Wöhler'in dönüm noktası teşkil eden deneyinin öncesinde de, karbon ve oksijenin birlikte bulunduğu bileşikler olan karbonatların canlı organizmalar yerine minerallerden geldiği biliniyordu. Dolayısıyla mermer (kalsiyum karbonat) ve kabartma sodası (sodyum bikarbonat) hiçbir zaman organik olarak etiketlenmemiştir. Benzer şekilde karbon elementi de, ister elmas ister grafit formunda olsun –önceleri sadece toprak altından çıkarıldıkları halde şimdi her ikisi de laboratuvarda yapılabiliyor– her zaman inorganik olarak düşünülegelmiştir. İki oksijen atomuyla birleşmiş bir karbon atomu içeren karbondioksit de, yüzyıllardır bilinmesine karşın hiçbir zaman organik bir bileşik sayılmamıştır. Görüldüğü gibi organik kavramının tanımı tümüyle tutarlı değildir. Yine de genel olarak organik bir bileşik deyince karbon içeren, inorganik dendiğindeyse karbon dışındaki elementlerden oluşan bir bileşik kastedilir.

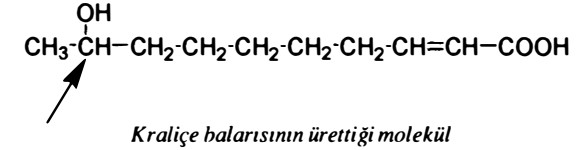
Tüm öteki elementlere kıyasla karbon, bağ kurma biçimlerinde muazzam bir çeşitliliğe sahip olduğu gibi, bağlanabildiği başka elementlerin sayısı da çok daha fazladır. Bu nedenle de karbonun, tüm öteki elementlerin toplam bileşiklerinden çok daha fazla bileşiği (doğal ya da yapay) bulunur. Bu da kitapta ele alacağımız organik bileşiklerin inorganik olanlardan çok daha fazla olmasını açıklayabilir. Ama belki yazarların ikisinin de organik kimyacı olmasının etkisi de vardır.

KİMYASAL YAPILAR: ZORUNDA MIYIZ?

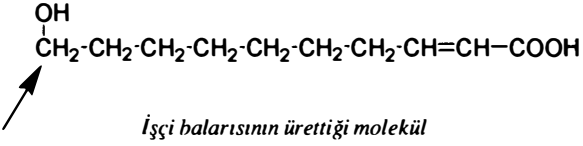
Bu kitabı yazarken en büyük sorunumuz, sayfalarına ne kadar kimya katacağımıza karar vermekti. Danıştığımız kimyacılardan bazıları, kimyayı en aza indirip –hatta tümüyle es geçip– hikâyeleri anlatmamızı önerdiler. Özellikle de kimyasal yapıların çizimlerini göstermekten kaçınmalıymışız. Ama bizim için en ilgi çekici olan, kimyasal yapılarla bu yapıların işlevleri arasındaki bağlantı; bir bileşi-

ğin taşıdığı özelliklere nasıl ve neden sahip olduğuyla, bunun tarihteki bazı olayları nasıl ve neden etkilediği arasındaki ilişki. Tabii isterseniz bu kitabı yapıların şekillerine hiç bakmadan da okuyabilirsiniz, ama bizce kimyasal yapıları anlamak, kimya ile tarih arasındaki sıkı ilişkinin daha canlı bir biçimde görülmesini sağlayacaktır.

Organik bileşikler genelde yalnızca birkaç çeşit atomdan oluşur: karbon (kimyasal sembolü C), hidrojen (H), oksijen (O) ve azot ya da nitrojen (N). Başka bazı elementler de mevcut olabilir; örneğin brom (Br), klor (Cl), flor (F), iyot (I), fosfor (P) ve kükürt (S) de organik bileşikler içinde yer alabilir. Bu kitaptaki yapılar genellikle bileşikler arasındaki farkları ya da benzerlikleri göstermek için çizilmiştir ve çoğu zaman gereken tek şey şekle bakmaktır. Farklar genellikle okla gösterilecek, daire içine alınacak ya da bir başka yolla belirtilecektir. Örneğin aşağıdaki iki yapı arasındaki tek fark, OH'nin bir C'ye tutunmuş olduğu yerdir ve her ikisinde de okla gösterilmiştir. İlk molekülde OH soldan ikinci C'ye, ikinci moleküldeyse soldan birinci C'ye bağlı bulunmaktadır.



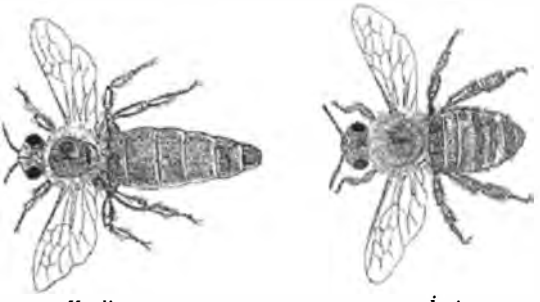
Kraliçe balarısının ürettiği molekül



İşçi balarısının ürettiği molekül

Bu bize çok küçük gelen, ama bir balarısı olsaydınız çok şey ifade edecek olan bir farktır. Birinci molekülü kraliçe balarıları üretir. Arılar bununla, işçi balarılarınca üretilen ikinci molekül arasındaki farkı anlarlar. Biz işçilerle kraliçeler arasındaki farkı arılara bakarak anlarız; arılarsa bunu kimyasal işaretler aracılığıyla anlarlar. Arıların bir bakıma kimya sayesinde gördüklerini söyleyebiliriz.

Kimyacılar atomların kimyasal bağlar aracılığıyla birbirlerine nasıl bağlandıklarını göstermek amacıyla bu yapıların şekillerini çi-

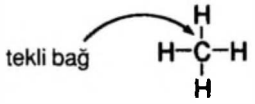


Kraliçe arı *İşçi arı*

(Raymond ve Sylvia Chamberlain'in izinleriyle)

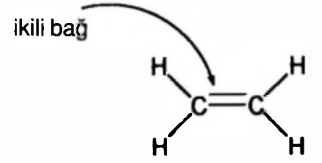
zerler. Kimyasal semboller atomları temsil eder ve bağlar düz çizgiler olarak gösterilir. Bazen aynı elementin iki atomu arasında birden çok bağ bulunur. Bağlar iki taneyse, buna ikili bağ denir ve = şeklinde gösterilir. Aynı atomlar arasında üç kimyasal bağ varsa bu üçlü bağdır ve ≡ şeklinde çizilir.

En basit organik moleküllerden biri olan metanda (bataklık gazı diye de bilinir), karbon dört hidrojen atomuyla tekli bağ yapar. Kimyasal formülü CH_4 olarak verilir ve yapısı şöyle çizilir:



Metan

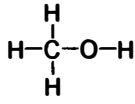
İkili bağ bulunan en basit organik bileşik olan eten (etilen de denir) C_2H_4 formülüyle gösterilir ve yapısı şöyledir:



Etilen

Burada karbon yine dört bağa sahiptir – ikili bağ iki ayrı bağ sayılır. Basit bir bileşik olmasına karşın etilenin önemi büyüktür. Meyvenin olgunlaşmasını hızlandırmaktan sorumlu bir bitki hormonudur. Örneğin, elmalar yeterli bir havalandırma sağlamayan bir biçimde depolanmışlarsa, ürettikleri etilen gazı birikip aşırı olgunlaşmalarına yol açacaktır. Sert bir avokado ya da kiviyi, olgun bir elmayla birlikte bir poşete koyarak olgunlaşmasını hızlandırabilmenizi sağlayan budur. Olgun elmanın ürettiği etilen, öteki meyvenin olgunlaşma hızını artırır.

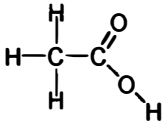
Metil alkol ya da odun alkolü diye de bilinen metanol adlı organik bileşiğin formülü CH_4O'dur. Bu molekül bir oksijen atomu içerir ve yapısı şöyle çizilir:



Metanol

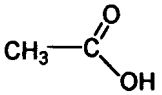
Burada O ile gösterilen oksijen atomunun, biri karbon atomuna öteki de hidrojen atomuna bağlanan iki tane tekli bağı vardır. Her zamanki gibi karbon toplam dört bağa sahiptir.

Asetik asitte (sirke asidi) olduğu gibi bir karbon atomuyla bir oksijen atomu arasında ikili bağ bulunan bileşiklerde, $C_2H_4O_2$ olarak yazılan formül, ikili bağın nerede olduğunu doğrudan göstermez. Kimyasal yapıları çizimle göstermemizin nedeni budur: hangi atomların birbirine bağlandığını, ikili ve üçlü bağların nerede olduğunu göstermek.



Asetik asit

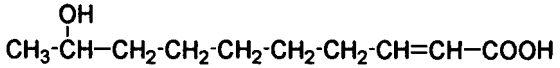
Bu yapıları kısaltılmış ya da daha da sıkıştırılmış halde de çizebiliriz. Asetik asit tüm bağların gösterilmediği şu şekilde de çizilebilir:



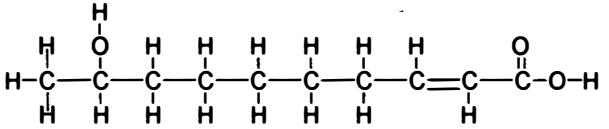
ve hatta şöyle $CH_3—COOH$

Bağlar tabii ki yerinde durur, ama bu kısaltılmış biçimler hem daha kolay çizilebilir hem de atomlar arasındaki ilişkileri diğer çizimlerle aynı açıklıkla gösterir.

Yapıları çizimle gösteren sistem küçük örnekler için elverişlidir, ama iş büyük moleküllere gelince çizim hem çok vakit alır hem de izlenmesi güçleşir. Örneğin kraliçe balarısının ayırt edici molekülüne dönelim:

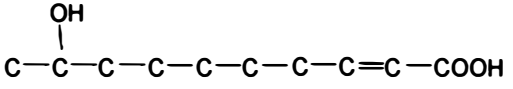


Bu molekülü tüm bağları gösteren tam olarak açılmış şekliyle çizersek, yapı şöyle görünecektir:



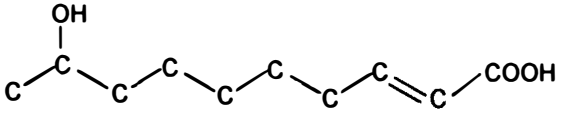
Kraliçe arı molekülünün tam olarak açılmış hali

Bu tam açılmış yapının hem çizimi zahmetlidir hem de fazlasıyla kalabalık bir görünümü vardır. Bu nedenle çoğu kez bileşiklerin çiziminde birtakım kestirme yollardan yararlanırız. Bunlardan en bilineni H atomlarının birçoğunu göstermeyen çizimdir. Bu, atomların orada olmadığı anlamına gelmez. Yalnızca çizimde gösterilmezler. Bir karbon atomu her zaman dört bağa sahiptir; dolayısıyla C'nin dört bağı yokmuş gibi görünse de hiç merak etmeyin. Bağlar yerli yerinde durur. Çizimde gösterilmeyenler, hidrojen atomlarına bağlı olanlardır.

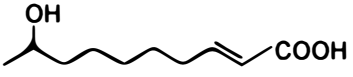


Kraliçe bal arısının tanıtım molekülü

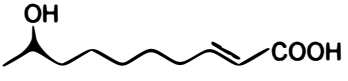
Ayrıca, karbon atomları genellikle birbirine bir açıyla bağlanmış gibi gösterilir ki, bu gösterim molekülün az çok gerçek şekline de işaret eder. Bu formatta kraliçe arının molekülü şöyle görünür:



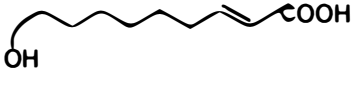
Hatta daha da basitleştirilmiş biçimi, karbon atomlarının da çoğunu göstermez:



Burada bir çizginin sonu ve her kesişme bir karbon atomunu temsil eder. Tüm öteki atomlar (karbon ve hidrojenlerin büyük çoğunluğu hariç) gösterilmektedir. Bu şekilde basitleştirince, kraliçe molekülüyle işçi molekülü arasındaki fark daha kolay görülür.

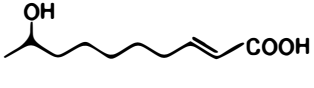


Kraliçe molekülü

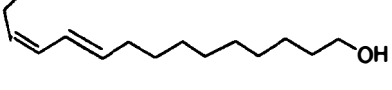


İşçi molekülü

Şimdi bu bileşikleri başka böceklerce üretilenlerle karşılaştırmak da daha kolaydır. Örneğin, erkek ipekböceği güvesinin ürettiği feromon ya da cinsel çekicilik molekülü bombikol'de 16 karbon atomu vardır (yine bir feromon olan kraliçe balarısının molekülündeyse bu rakam 10'dur), bir yerine iki tane ikili bağ vardır ve COOH dizilişi yoktur.

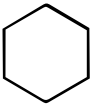


Kraliçe balarısı molekülü



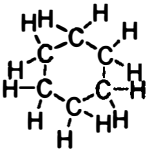
Bombikol molekülü

Oldukça sık görülen bir yapı olan ve halkalı (siklik) bileşikler denen, karbon atomlarının bir halka oluşturduğu moleküller söz konusuysa, karbon ve hidrojen moleküllerinin çoğunu şekil dışında bırakmak özellikle yararlıdır. Aşağıdaki yapı, C_6H_{12} siklohekzan molekülünü temsil eder:



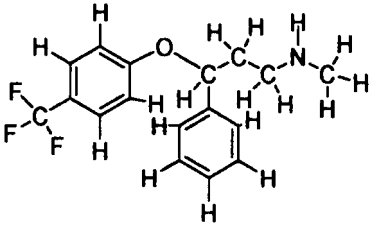
Siklohekzanın kimyasal yapısının kısaca gösterimi.
Her köşe bir karbon atomunu temsil eder; hidrojen atomları gösterilmez.

Açık olarak çizildiğindeyse siklohekzan şöyle görünür:



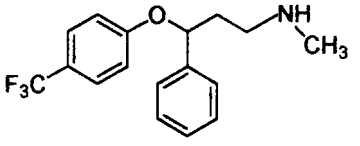
Siklohekzanın tüm atomların ve bağların göründüğü açık çizimi

Gördüğünüz gibi, bütün bağları yerlerine koyup atomların hepsini gösterdiğimizde ortaya çıkan çizim kafa karıştırıcı olabilir. Antidepresan ilaç Prozac gibi daha da karmaşık yapılara gelindiğinde, açık halin çizimi (aşağıda) yapıyı görmeyi neredeyse olanaksız kılar.



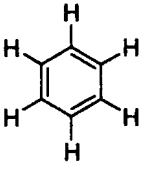
Prozac'ın açık çizimi

Oysa basitleştirilmiş çizim çok daha açıklayıcıdır:



Prozac

Bir kimyasal yapının özelliklerini betimlemek için sıklıkla kullanılan bir terim de "aromatik"tir. Sözlükte aromatik sözcüğünün karşılığı olarak "Güzel bir kokuyu akla getiren, hoş, iç bayıltıcı, keskin ya da baş döndürücü bir rayihaya sahip" tanımı verilir. Kimya jargonundaysa aromatik bir bileşik, çoğu kez kokulu olmakla birlikte kokusu her zaman hoş olmayabilir. Bir kimyasal için kullanıldığında aromatik sözcüğü, bileşiğin, genellikle sıkıştırılmış haliyle çizilen benzendeki gibi bir halkalı yapısı olması anlamına gelir.

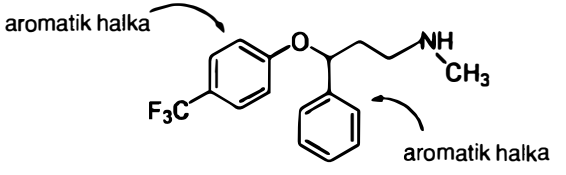


Benzenin yapısı



Benzenin sıkıştırılmış yapısı

Prozac'ın çizimine bakıldığında, bu aromatik halkalardan iki tanesini içerdiği görülür. Dolayısıyla Prozac bir aromatik bileşen olarak tanımlanır.



Prozac'taki iki aromatik halka

Bu, organik kimyasal yapılara yalnızca kısa bir girişti; ama elinizdeki kitapta anlatılanları kavramak için bilmeniz gerekenin hepsi bu. Aynı oldukları ve ayrıldıkları noktaları göstermek için yapıları karşılaştıracağız ve bir moleküldeki son derece küçük farkların bile bazen ne kadar büyük etkiler yaratabildiğini göstereceğiz. Belli şekiller arasındaki bağlantıların ve çeşitli moleküllerin bunlara bağlı özelliklerinin incelenmesi, kimyasal yapıların uygarlığın gelişmesi üzerindeki etkilerini gözler önüne serer.

1

KARABİBER, HİNTCEVİZİ VE KARANFİL

CHRISTOS E ESPICIARIAS! – İsa ve baharat aşkına! Bu, yüzyıllardır Venedik tacirlerinin tekelinde olan baharattan muazzam servetler kazanmak amacıyla 1498 Mayısında Hindistan'a ayak basmaya hazırlanan Vasco de Gama'nın gemicilerinin sevinç çığlığıydı. Ortaçağ Avrupasında bir baharat çeşidi –karabiber– öylesine kıymetliydi ki, bu kurutulmuş tohumun yaklaşık yarım kilosu, bir feodal soylunun arazisinde çalışmaya mahkûm bir serfin özgürlüğünü satın almak için yeterliydi. Günümüzde karabiber tüm dünyada yemek masalarının demirbaşı haline gelmiş durumda; ama gerek karabiber gerekse tarçın, karanfil, hintcevizi ve zencefilin hoş kokulu molekülleri Keşifler Çağı'nı başlatan dünya çapında bir arayışın itici gücü oldu.

KARABİBERİN KISA TARİHİ

Kaynağı Hindistan olan tropikal *Piper nigrum* çalılarından elde edilen karabiber, hâlâ en çok kullanılan baharat olma özelliğine sahiptir. Günümüzde en çok üretildiği yerler Hindistan, Brezilya, Endonezya ve Malezya'nın tropikal bölgeleridir. Çalı, boyu yedi metrenin üzerine kadar çıkabilen güçlü, tırmanıcı, kalın ve sert saplı bir bitkidir. İki ile beş yıl arasında kırmızı küreciklerden oluşan salkımlar halinde meyve vermeye başlar ve doğru koşullar altında verimi-

ni kırk yıl kadar sürdürür. Tek bir çalı, bir mevsimde on kilo kadar biber verebilir.

Hasadı yapılan biberin dörtte üçü, olgunlaşmamış biber taneciklerinin mantarlarca mayalanmasıyla üretilen karabiber olarak satılır. Artakalanın büyük bölümünü, olgunlaşmış taneciklerin kabuk ve cürufunun temizlenmesiyle elde edilen beyaz biber oluşturur. Ürünün çok küçük bir bölümü, taneciklerin olgunlaşmaya başladıkları sırada toplanıp tuzlu suda bekletilmesiyle elde edilen yeşil biber olarak satılır. Bazı aktarlarda bulunabilen başka renklerdeki biberlerse yapay olarak renklendirilmiş karabiber ya da başka türden taneciklerdir.

Karabiberi tarihi baharat yollarından getirip Şam ve Kızıldeniz üzerinden Avrupa'ya sokanların Arap tacirler olduğu varsayılır. Karabiber, MÖ beşinci yüzyılda Yunanistan'da biliniyordu. O zamanlarda yemek malzemesi olmak yerine tıpta, çoğu kez zehirlenmeye karşı panzehir olarak kullanılmaktaydı. Buna karşılık Romalılar, gerek karabiberi gerekse öteki baharat çeşitlerini yemeklerinde bolca kullanıyorlardı.

MS birinci yüzyıla gelindiğinde, Akdeniz çevresinin Asya'dan ve Afrika'nın doğu kıyılarından yaptığı ithalatın yarısından fazlasını baharat ve bunun büyük bölümünü de Hindistan'dan gelen karabiber oluşturuyordu. Baharat, gıda maddelerinde iki nedenle kullanılıyordu: bozulmaya karşı koruyucu olarak ve yemeklerin tadını artırmak için. Roma kenti büyük, ulaştırma yavaş ve soğutarak koruma teknikleri de henüz icat edilmemiş olduğundan, taze gıda sağlamak ve tazeliği korumak çok büyük bir sorundu muhtemelen. Tüketicilerin yiyeceklerin bozulmuş olduğunu anlamasının tek yolu kendi burunlarından geçiyordu. "Son kullanma tarihi" etiketleri daha yüzyılların ötesindeki bir gelecekteydi. Karabiber ve öteki baharat çeşitleri, çürümüş ya da bayatlamış gıdanın kokusunu maskeliyor ve muhtemelen bozulma sürecini de yavaşlatıyordu. Kurutulmuş, tütsülenmiş ve tuzlanmış yiyeceklerin tadı da bu "terbiye" malzemesinin yoğun kullanımıyla daha lezzetli kılınabiliyordu.

Ortaçağa gelindiğinde Avrupa'nın Doğu'yla olan ticaretinin büyük bölümü, Bağdat ve daha sonra da Karadeniz'in güney sahillerinden ulaşılan, günümüzün İstanbul'u olan Konstantinopolis üze-

rinden yapılıyordu. Baharat, Konstantinopolis'ten deniz yoluyla ortaçağın son dört yüzyılı boyunca ticaretin neredeyse tüm tekelini elinde tutmuş olan liman kenti Venedik'e gönderiliyordu.

MS altıncı yüzyıldan başlayarak Venedik, lagunlarından elde ettiği tuzu pazarlayarak güç kazanmaya başlamıştı. İzleyen yüzyıllar boyunca da kurnaz politikalarla tüm devletlerle ticaret yaparken bağımsızlığını korumasını bildi. On birinci yüzyılda başlayıp neredeyse iki yüzyıl süren kutsal Haçlı seferleri, Venedik tacirlerine dünyanın baharat kralları olarak güçlerini pekiştirme imkânı sağladı. Batı Avrupa'dan sefere çıkan Haçlılara ulaşım, savaş gemisi, silah ve para tedarik etmek, Venedik Cumhuriyeti'ne doğrudan yarar sağlayan kârlı bir yatırımdı. Haçlılar Ortadoğu'nun sıcak ülkelerinden kuzeydeki serin ülkelerine geri dönerken, yolculuklarında tutkunu haline geldikleri egzotik baharat türlerini de yanlarında götürmek istiyorlardı. Karabiber başlangıçta bir yenilik, çok az kimsenin harcı olabilecek bir lükstü; ama bayatlığın üzerini örtebilmesi, tadı tuzu olmayan kurutulmuş gıdalara özellik katması ve tuzlanmış yiyeceklerdeki tuz tadını azaltması, onu kısa sürede mutfakların vazgeçilmezi haline getirdi. Venedik tacirleri yeni ve koskoca bir pazar daha bulmuşlardı ve Avrupa'nın her yanından tüccarlar akın akın baharat, özellikle de karabiber almaya geliyorlardı.

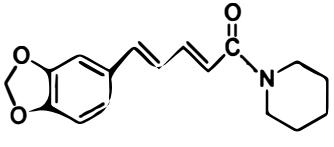
On beşinci yüzyılda baharat ticareti üzerindeki Venedik tekeli öylesine sağlam ve kâr oranları öylesine yüksekti ki, başka devletler de Hindistan'a alternatif yollar, özellikle de Afrika'nın çevresini dolanan bir deniz yolu bulmayı ciddi olarak düşünmeye başladılar. Portekiz Kralı Joäo I'in oğlu olan Prens Henrique, açık okyanusun zorlu hava koşullarına dayanıklı sağlam gemilerden oluşan bir ticaret filosu üreten kapsamlı bir gemi inşa programı başlattı. İtici gücünü büyük ölçüde karabiber talebinden alan Keşifler Çağı başlamak üzereydi.

On beşinci yüzyılın ortalarında Portekizli denizciler Afrika'nın kuzeybatısındaki Yeşil Burun'a ulaşabilecek kadar güneye inebildiler. 1483'e gelindiğindeyse, Portekizli denizci Diago Cão daha güneye, Kongo Nehri'nin ağzına kadar inmişti. Yalnızca dört yıl sonra da bir başka Portekizli denizci –Bartholomeu Dias– Ümit Burnu'nu dolanarak Vasco de Gama'nın 1498 yılında Hindistan'a varabilmesi-

ni sağlayan güvenli bir rota oluşturdu.

Hindistan'ın güneybatı kıyısında bir prenslik olan Calicut'un Hintli yöneticilerinin karabiber karşılığında altın istemeleri, dünya biber ticaretini ellerine geçirmeyi planlayan Portekizlilerin akıllarının ucuna bile getirmedikleri bir şeydi. Dolayısıyla toplar ve askerlerle geri dönen de Gama, Calicut'u yenilgiye uğratarak karabiber ticaretini Portekiz'in denetimi altına aldı. Bu, sonunda doğuda Afrika, Hindistan ve Endonezya'dan batıda Brezilya'ya kadar uzanacak olan Portekiz İmparatorluğu'nun başlangıcıydı.

Bu arada İspanya da gözünü, başta karabiber olmak üzere baharat ticaretine dikmişti. 1492 yılında, batıya doğru giderek Hindistan'ın doğu ucuna alternatif ve belki de daha kısa bir yol bulunabileceğine inanan Cenevizli bir denizci olan Kristof Kolomb, İspanya Kralı V. Ferdinand'ı ve Kraliçe Isabella'yı bir keşif ziyaretinin maliyetini karşılamaya ikna etti. Kolomb inandıklarından bazılarında haklıydı, ama hepsinde değil. Avrupa'dan batıya doğru gidip gerçekten Hindistan'a varabilirsiniz; ama bu daha kısa bir yol değildir. Ayrıca, o sıralarda varlıkları bilinmeyen kuzey ve güney Amerika kıtaları ile uçsuz bucaksız Pasifik Okyanusu da önemli birer engeldir. Peki karabiberdeki o özel şey, Venedik'i Venedik yapan, Keşifler Çağı'nı başlatan ve Kolomb'u Yeni Dünya'yı keşfetmek üzere yola çıkaran madde nedir? Hem kara hem de beyaz biberin etkin maddesi, kimyasal formülü $C_{17}H_{19}O_3N$ olan ve yapısı da aşağıdaki çizimde gösterilen *piperin* adlı bileşiktir.



Piperin

Piperini ağzımıza aldığımızda hissettiğimiz acı duyumu, aslında bir tat değil, acı sinirlerinin kimyasal bir uyarıcıya verdiği tepkidir. Bu tepkinin mekanizması çok iyi bilinmemekle birlikte, ağzımızda ve vücudumuzun diğer yerlerinde bulunan acı sinirlerinin uçlarına tutunabilen piperin molekülünün biçiminden kaynaklandığı düşü-

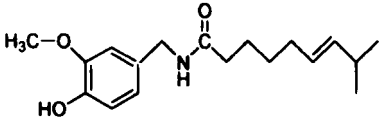
nülüyor. Tutunma, molekülün biçim değiştirmesine ve siniri takip ederek beyne "Ahhh, acıymış!" gibi bir mesaj gitmesine yol açıyor.

Acı molekül piperinin hikâyesi, Kolomb'un Hindistan'a batıdan bir ticaret yolu bulmayı başaramamasıyla bitmiyor. 1492 Ekiminde karaya ayak bastığında Kolomb Hindistan'ın bir parçasına ulaştığını düşünmüş ya da öyle umut etmişti. Gerçi "Hint Adaları'nda" bulmayı beklediği büyük kentlerden ve zengin krallıklardan eser yoktu; ama keşfettiği yere Batı Hint Adaları ve orada yaşayan halka da Hintli adını verdi. Batı Hint Adaları'na ikinci seferinde Kolomb Haiti'de bir başka acı baharat buldu. Bildiği karabiberden tümüyle farklı olmasına karşın çili biberini de dönüşünde İspanya'ya götürdü.

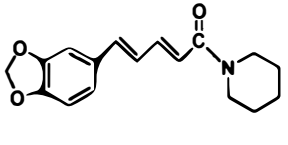
Yeni biber, Portekizlilerle birlikte Afrika'nın çevresinden Hindistan'a ve ötesine ulaştı. Elli yıl içinde çili biberi dünyaya yayılmış ve başta Afrika ile doğu ve güney Asya olmak üzere hızla yerel mutfaklarda yerini almıştı. Ağızları kavuran acılığını seven bizim gibi milyonlarca insan için çili biberi, Kolomb'un keşif yolculuklarının en önemli ve kalıcı yararlarından biridir.

ACILI KİMYA

Karabiberin tek çeşidine karşılık, *Capsicum* ailesinden olan çili biberlerinin birçok türü vardır. Anavatanı tropikal Amerika olup büyük olasılıkla ilk kez Meksika'da ortaya çıkmış olan bu biberler, insanlarca en az dokuz bin yıldır kullanılıyor. Çili biberinin tek bir türü içinde bile büyük farklılaşmalar vardır. Örneğin *Capsicum annuum* sivri biber, dolmalık biber, süs biberi, tatlı biber, pimento (kırmızı, kalın etli bir biber çeşidi), paprika (kırmızı tatlı biber), bizde "çarliston" diye tanınan, Batı'da muz biberi diye de adlandırılan açık yeşil renkli kalın biber ve daha pek çok çeşidi bulunan, yıllık olarak yetiştirilen bir bitkidir. Tabasco (acı sos biberi), *Capsicum frutescens* adlı sert, tahtamsı gövdeli, uzun ömürlü bir bitki üzerinde yetişir. Çili biberleri birçok renk, boyut ve biçimde olabilir; ama hepsinin keskin tadının ve çoğunun zehir gibi acılığının sorumlusu, kimyasal formülü $C_{18}H_{27}O_8N$ olan ve yapısı piperininkiyle benzerlikler gösteren *kapsaisin* adlı kimyasal bileşiktir:



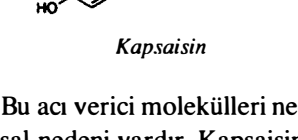
Kapsaisin



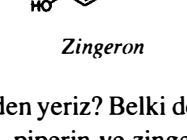
Piperin

Her iki yapıda da bir karbon atomunun (C) yanında, bir oksijen atomuna ikili bağla bağlanmış bir nitrojen atomu (N) ile birer aromatik halka bulunur. Her iki molekülün de acı olması, acı hissi molekülün biçiminden kaynaklanıyorsa o kadar da şaşırtıcı olmasa gerek.

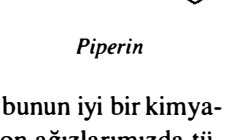
Bu moleküler biçim teorisine uyan üçüncü bir molekül de zencefil bitkisi *Zingiber officinale*'nin toprak altındaki sapında bulunan *zingeron*'dur ($C_{11}H_{14}O$). Piperin ve kapsaisinden daha küçük (ve birçok kişiye göre daha az acı) olan zingeron da, kapsaisindeki aynı HO ve H_3C–O gruplarının bağlı olduğu bir aromatik halka içerir ama nitrojen atomu yoktur.



Kapsaisin



Zingeron



Piperin

Bu acı verici molekülleri neden yeriz? Belki de bunun iyi bir kimyasal nedeni vardır. Kapsaisin, piperin ve zingeron ağızlarımızda tükürük salımını artırarak hazma yardımcı olur. Bunların ayrıca gıdaların bağırsaklardaki hareketini de etkinleştirdiği düşünülüyor. Memelilerde genellikle dilde olan tat tomurcuklarının tersine, bu moleküllerden gelen kimyasal mesajları saptayabilen acı sinirleri vücudun başka yerlerinde ortaya çıkar. Bir çili biberini doğrarken istemeden gözünüzü ovuşturduğunuz oldu mu? Acı biber hasadı yapan işçilerin, kapsaisin içeren çili yağına karşı önlem olarak lastik eldiven ve koruyucu göz maskesi takmaları gerekir.

Karabiberden duyduğumuz acı, yiyeceğimizdeki biberin miktarıyla doğrudan orantılıdır. Buna karşılık çili biberinin acısı yanıltıcı olabilir. Renk, büyüklük ve biberin geldiği yer "acılığını" etkiler.

Gelgelelim, bu işaretlerin hiçbiri güvenilir değildir. Genellikle küçük biberler acı olur, ama büyük boyutlular her zaman daha tatlı değildir. Dünyanın en acı çili biberlerinin Doğu Afrika'nın doğusundaki bazı bölgelerde yetiştiği söylenirse de, coğrafya da her zaman güvenilir bir ipucu vermez. Biberin acılığı genelde kurutuldukça artar.

Ağzımızı yangın yerine döndüren bir yemekten sonra çoğu kez bir tatmin ya da hoşnutluk hissederiz. Bu duygu, vücudun acıya doğal tepkisi olarak beyinde üretilen uyuşturucu benzeri bileşikler olan endorfinlerden kaynaklanıyor olabilir. Bu olgu, bazı kimselerin acılı yiyeceklere adeta bağımlılık derecesinde düşkünlüklerini de açıklayabilir. Biber ne kadar acıysa, duyulan acı da o ölçüde fazladır; dolayısıyla beyinde üretilen küçük miktarlardaki endorfinde de artış olur ve sonunda hoşnutluk duygusu yükselir.

Gulaş gibi Macar yemeklerinde sağlam bir yer edinmiş olan paprika dışında, çili biberi Avrupa mutfak kültürünü Afrika ve Asya kadar istila etmedi. Avrupalıların favori acı molekülü, karabiberdeki piperin oldu. Portekiz'in Calicut'taki hâkimiyeti ve dolayısıyla karabiber ticareti üzerindeki denetimi 150 yıl kadar sürdü; ama on yedinci yüzyılın başlarından itibaren Hollandalılar ve İngilizler denetimi ellerine almaya başladılar. Amsterdam ve Londra, Avrupa'nın önde gelen karabiber ticaret limanları haline geldi.

Doğu Hindistan Şirketi–ya da 1600 yılında kuruluşundaki resmi adıyla "Doğu Hint Adaları'yla Ticaret Yapan Londralı Tacirlerin Yöneticisi ve Şirketi"– İngiltere'ye Doğu Hint Adaları baharat ticaretinde daha aktif bir rol kazandırmak için kurulmuştu. Hindistan'a gidip ambarları baharatla dolu olarak dönen bir geminin sefer finansmanı ciddi riskler içerdiğinden, tacirler kişi başına uğranabilecek potansiyel zararı sınırlamak amacıyla başlangıçta bir seferin "hisseleri" için teklifte bulunuyorlardı. Daha sonra şirketin hisselerinin satın alınmasına dönüşen bu uygulama kapitalizmin doğuşundan sorumlu tutulabilir. Bugünlerde görece önemsiz bir kimyasal bileşik olarak görülen piperinin, günümüzde dünya hisse senedi borsalarından oluşan karmaşık ekonomik yapının başlangıcından sorumlu olduğunu söylemek çok fazla abartı olmaz.

BAHARATIN CAZİBESİ

Tarihi açıdan karabiber, çok değerli olan tek baharat türü değildi. Küçücük bir hindistancevizine benzeyen, sert kabuklu hoş kokulu bir meyve olan hintcevizi ve karanfil de değerliydi ve karabiberden çok daha az bulunuyordu. Her ikisinin de anavatanı, şimdi Endonezya'nın Maluku eyaletine dahil olan efsanevi baharat diyarları Maluku Adaları'ydı. Hintcevizi ağacı *Myristica fragrans* sadece, Banda Denizi'nde her yerden uzak yapayalnız bir küme oluşturan yedi adada yetişiyordu. Bu adalar gerçekten çok küçüktür. En büyüğünün uzunluğu on kilometreyi geçmezken en küçükleri yalnızca birkaç kilometredir. Maluku'ların kuzeyinde aynı derecede küçük olan iki komşu ada Ternate ve Tidore ise bir zamanlar yeryüzünde *Eugenia aromatica*'nın yani karanfil ağacının bulunabileceği yegâne yerlerdi.

Yüzyıllar boyunca bu iki ada grubunun halkı, ağaçlarının hoş kokulu ürünlerini toplayıp Arabistan, Malay yarımadası ve Çin'deki tacirlere satmış, onlar da ürünleri gemilerle Asya ve Avrupa'ya ulaştırmıştı. Ticaret yolları artık iyice oturmuştu ve ister Hindistan, ister Arabistan, isterse İran ya da Mısır üzerinden gitsin baharat Avrupa'daki tüketiciye ulaşmadan önce sayısı on ikiye kadar varabilen aracının elinden geçiyordu. Yol üstündeki her işlemin fiyatı ikiye katlayabildiği göz önünde tutulursa, Portekiz Hindistanı Valisi Alfonso de Albuquerque'in gözlerini daha ileriye çevirerek önce Seylan adasına çıkıp ardından o zamanlar Doğu Hindistan baharat ticaretinin merkezi olan Malay yarımadasındaki Malakka'yı ele geçirmesine şaşmamak gerek. 1512'ye gelindiğinde Albuquerque hintcevizi ve karanfilin kaynaklarına ulaşmış ve Malukulularla doğrudan ticarete girişerek Portekiz'in tekelini kurmuştu; kısa sürede de Venedikli tacirleri geçti.

İspanya'nın gözleri de baharat ticareti üzerindeydi. 1518 yılında Portekizli denizci Ferdinand Macellan, bir sefer için yaptığı başvuru kendi ülkesi tarafından reddedilince, batı yönünde gidilerek Baharat Adaları'na daha kısa yoldan varılabileceği hususunda İspanya tahtını ikna etti. İspanya'nın böyle bir seferi desteklemek için geçerli ne-

denleri vardı. Doğu Hint Adaları'na yeni bir rota, gemilerin Afrika ve Hindistan'dan geçen doğu rotası üzerindeki Portekiz liman ve gemilerinden kaçınmalarını sağlayacaktı. Ayrıca, daha önce Papa VI. Alexander çıkardığı bir fermanla Afrika'nın batısındaki Yeşil Burun'dan 100 fersah (yaklaşık 480 km) uzaklıkta hayali bir kuzey-güney hattının doğusunda kalan Hıristiyanlık dışı tüm ülkeleri ve karaları Portekiz'e bağışlamış, İspanya'nın payınaysa bu hattın batısındaki "kâfir" alanlar düşmüştü. Dünyanın yuvarlak olduğu gerçeği, zamanın birçok bilgini ve denizcisi tarafından kabul edilmiş olmasına karşın Vatikan tarafından gözden kaçırılmış ya da gözardı edilmişti. Dolayısıyla batıya doğru giderek yaklaşmak, İspanya'nın Baharat Adaları üzerinde hak iddia etmesine meşruiyet kazandırabilirdi.

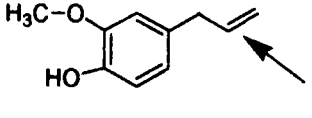
Macellan İspanya Sarayı'nı Amerika kıtasının içinden geçen bir yol bildiğine inandırdı. Aslında buna kendisini de inandırmıştı. İspanya'dan 1519 Eylülünde ayrıldı; Atlantik'i geçmek için güneybatıya yelken açtı ve okyanusu geçtikten sonra bugünkü Brezilya, Uruguay ve Arjantin kıyıları boyunca aşağı yöneldi. Rio de la Plata Nehri'nin, günümüzün Buenos Aires kentine kadar uzanan 225 kilometre genişliğindeki ağzının sandığı geçit olmayıp yalnızca bir nehir ağzı olduğunu anladığında inanmakta zorlanmış ve çok büyük bir hayal kırıklığına uğramış olmalı. Yine de Atlantik Okyanusu'ndan Pasifik'e açılan bir geçidin hep bir sonraki burnun arkasında olduğu inancını yitirmeden kıyı boyunca güneye doğru yoluna devam etti. 5 küçük gemi ve 265 kişilik mürettebatıyla yolculuğu gitgide kötüleşecekti. Güneye indikçe günler daha da kısalmaya, kasırgalar daha da artmaya başladı. Kabaran gelgitleriyle tehlikeli bir kıyı şeridi, giderek kötüleşen hava, dev dalgalar, devamlı yağan dolu, sulu kar ve her an buz tutmuş yelken, bumba ve halatlardan kayıp düşme tehlikesi, yolculuğun güçlüklerine güçlük katıyordu. 50 derece güneye inildiği halde hâlâ aradığı geçidi bulamayan, üstelik de bir isyanı bastırmak zorunda kalmış olan Macellan, güney kışının geri kalanını demir atarak beklemeye karar verdi ve ancak kış geçtikten sonra şimdi adını taşıyan tehlikeli geçidi bulup geçebildi.

Ekim 1520'de gemilerinden dördü Macellan Boğazı'ndan geçebilmişti. Erzak hızla azaldığından, Macellan'ın subayları geri dönmeleri gerektiği konusunda ısrara başladılar. Ancak karanfil ve hint-

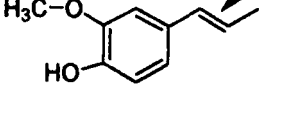
cevizinin cazibesi, yanı sıra Doğu Hint Adaları baharat ticaretini Portekizlilerin elinden almanın getireceği şan ve zenginlik Macellan'ı batıya doğru yolculuğu üç gemiyle sürdürmeye zorluyordu. Kimsenin bu kadar büyük olduğunu düşünemediği Pasifik'te harita olmadan, yalnızca en basit seyrüsefer araçları kullanarak, yiyecek sıkıntısı çekerek ve neredeyse tükenmiş su stoğuyla yapılan 21.000 kilometrelik yolculuk, Güney Amerika'nın ucunu dönene kadarki dönemden bile daha kötü şartlarda geçiyordu. Gemilerin 6 Mart 1521'de Guam adasına ulaşması, mürettebatı açlığın ve iskorbüt hastalığının pençesinde mutlak bir ölümden kurtardı. On gün sonra Macellan son kez Filipinler'in küçük bir adası olan Mactan'da karaya çıktı. Yerlilerle bir çatışmada öldürüldüğünden hayalindeki Maluku Adaları'na ulaşamadı. Ancak, gemileri ve kalan mürettebatı karanfillerin yurdu olan Ternate'ye vardı. İspanya'dan ayrıldıktan üç yıl sonra, yaşama tutunmayı başarmış 18 gemici, Macellan'ın küçük armadasından kalan son gemi olan *Victoria*'nın ambarında 26 ton baharat ile nehir yukarı çıkıp Sevilla'ya varabildi.

KARANFİL VE HİNTCEVİZİNİN AROMATİK MOLEKÜLLERİ

Karanfil ve hintcevizi farklı bitki ailelerinden olmalarına, birbirlerinden yüzlerce kilometre uzaklıkta, büyük ölçüde açık denizin ayırdığı uzak ada gruplarında yetişmelerine ve çok farklı kokulara sahip olmalarına karşın, birbirlerine son derece yakın moleküllerden gelir. Karanfil yağının etkin maddesi öjenol, hintcevizi yağının etkin maddesi ise izoöjenoldür. Hem koku hem kimyasal yapı açısından aromatik olan bu iki molekülün birbirinden tek farkı, bir ikili bağın yeridir:



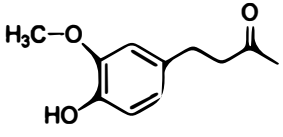
Öjenol (karanfilden)



İzoöjenol (hintcevizinden)

Bu iki bileşikteki tek farklılık olan ikili bağın yerleri, oklarla gösterilmiştir.

Bu iki bileşiğin yapılarıyla zingeronunki arasındaki benzerlikler de açıktır. Ama zencefilin kokusu da hem karanfilin hem de hintcevizininkinden oldukça farklıdır.



Zingeron

Bitkiler yoğun bir kokuya sahip bu molekülleri bizim hoşumuza gitsin diye üretmezler. Otlayan hayvanlardan, özsularını emen, yapraklarını kemiren böceklerden ya da mantar istilasından kaçamadıkları için öjenol, izoöjenol ve piperin, kapsaisin ve zingeron gibi moleküllerle böceklere karşı kimyasal savaş yürütürler. Bunlar doğal böcek öldürücü olan son derece etkili moleküllerdir. İnsanlar bu bileşikleri küçük miktarlarda tüketebilirler; çünkü karaciğerlerimizde gerçekleşen zehir etkisizleştirme süreci son derece etkilidir. Belli bir bileşiğin aşırı bir dozu karaciğerin pek çok metabolik yolundan birini etkileyebilse de, bunu yapabilecek miktarda biber ya da karanfili vücudumuza alabilmek kolay olmayacaktır.

Karanfil ağacının henüz uzağındayken bile öjenolün kokusu buram buram burnunuza gelir. Bileşik, bildiğimiz kurutulmuş çiçek tomurcuklarının yanı sıra bitkinin daha birçok yerinde bulunur. MÖ 200 yıllarında, Han Hanedanı zamanında, karanfil Çin sarayında cariyelerin nefesleri güzel koksun diye kullanılıyordu. Karanfil yağı ise güçlü bir antiseptik olarak ve diş ağrısını dindirici etkisi nedeniyle büyük değer taşıyordu. Bugün bile diş hekimliğinde bazen güçlü bir anestetik olarak kullanılır.

Hintcevizi ağacından elde edilen iki bahardan biri, parlak çekirdeklerin öğütülmesiyle elde edilen hintcevizi baharıdır. Ötekiyse, kayısı benzeri etli kısmı saran kırmızı renkli kılıfın kurutulduktan sonra öğütülmesiyle elde edilen kabuk tozudur (*mace*). Hintcevizi çok eskiden beri tıbbi olarak kullanılan bir bahardır. Çin'de romatizma ve mide ağrılarına, Güneydoğu Asya'daysa dizanteriye ya da bağırsak spazmına (kolik) karşı kullanılıyordu. Avrupa'da cinsel gücü

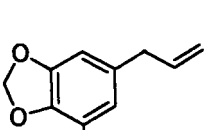


Endonezya'nın Kuzey Sulawesi bölgesinde sokakta kurutulan karanfiller. (Fotoğraf: Penny Le Couteur)

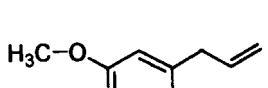
artırıcı ve uykusuzluğu tedavi edici etkileri olduğuna inanılmasının yanı sıra, kayıtlara ilk geçtiği 1347 yılından sonra Avrupa'yı düzenli aralıklarla ziyaret eden Kara Ölüm'den (veba) korunmak amacıyla içinde hintcevizi baharı bulunan küçük kesecikler boyunlarda taşınıyordu. Tifüs ve çiçek gibi başka hastalıkların salgınları da zaman zaman Avrupa'nın çeşitli yerlerine uğrasalar da, veba en korkulanıydı. Üç türde görülüyordu: Bubonik (hıyarcıklı) veba kasıklarda ve koltukaltlarında ağrılı şişkinlikler, iç kanama ve sinirlerin çürümesiyle kendini belli ediyor ve yüzde 50-60 ölümle sonuçlanıyordu. Daha az görülen ama daha şiddetli bir türü, zatürreli (pnömonik) vebaydı. Septisemik vebadaysa yoğun miktarda bakteri kan dolaşım sistemini istila ediyor ve hastayı bir günden daha kısa bir süre içinde öldürüyordu.

Taze hintcevizi içindeki izoöjenol moleküllerinin, bubonik veba bakterilerini taşıyan pirelere karşı caydırıcı bir etki yapmış olmaları

pekâlâ mümkündür. Hintcevizi içindeki öteki bazı moleküllerin de böcek öldürücü etkileri olabilir. Miristisin ve elemisin adlı kokulu moleküller de hem hintcevizinde hem de *mace*'de bulunur. Bu iki molekülün yapıları hem birbirlerine hem de daha önce hintcevizi, karanfil ve karabiberde gördüğümüz yapılara büyük benzerlik gösterir.



Miristisin



Elemisin

Vebaya karşı bir muska olmasının dışında hintcevizi "delilik baharı" da sayılıyordu. Hintcevizinin muhtemelen miristisin ve elemisin moleküllerinden kaynaklanan halüsinojenik özellikleri yüzyıllardır bilinmekteydi. 1576 yılına ait bir raporda, "Hamile bir İngiliz bayan on-on iki kadar hintcevizi yedikten sonra kendinden geçip sayıklamaya başladı," deniyordu. Günümüzde yalnızca bir hintcevizi tüketmenin bulantı, aşırı terleme, kalp çarpıntısı, tehlikeli düzeylere fırlayan tansiyon ve *günler süren* sanrılar gibi sonuçlar doğurabildiği bilindiğinden bu hikâyenin doğruluğu biraz kuşkulu görünüyor. Bir düzine hintcevizinin etkisi kendinden geçip sayıklamakla sınırlı kalmaz; çok daha az sayıda hintcevizi yemenin ölüme yol açabildiğine dair raporlar vardır. Ayrıca büyük miktarlarda alınan miristisin karaciğerde de hasara yol açabilir.

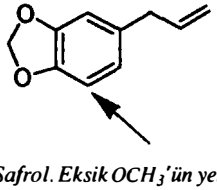
Hintcevizi ve *mace*'in dışında, havuç, kereviz, dereotu, maydanoz ve karabiberde de az miktarda miristisin ve elemisin bulunur. Ama bunları da "kafa yapıcı" etkilerini ortaya çıkaracak kadar büyük miktarlarda tüketmeyiz. Ayrıca miristisin ve elemisinin kendi başlarına psikoaktif etkileri bulunduğu yönünde de bir kanıt yoktur. Ama vücudumuzda henüz bilinmeyen bir metabolik yolla, amfetamin benzeri bileşiklerin çok küçük miktarlarına dönüşüyor olabilirler.

Bu senaryonun kimyasal açıklaması şu olguya dayanır: Miristisinden yalnızca bir OCH_3 parçasının eksikliğiyle ayrılan safrol adlı başka bir molekül, tam kimyasal adı 3,4-metilendioksi-N-metilam-

fetamin olan ve MDMA diye kısaltılıp Ecstasy olarak bilinen molekülün yasadışı imali için başlangıç malzemesidir.

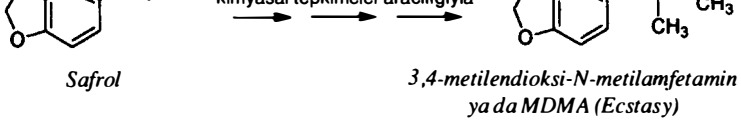


Miristisin



Safrol. Eksik OCH_3'ün yeri okla gösterilmiştir.

Safrol'ün Ecstasy'ye dönüşmesi şöyle gösterilebilir:



Safrol

3,4-metilendioksi-N-metilamfetamin ya da MDMA (Ecstasy)

Safrol, sassafras ağacından elde edilir. Ayrıca çok küçük miktarlarda olmak üzere kakao, karabiber, *mace*, hintcevizi ve yabani zencefilde de bulunur. Ağacın kökünden elde edilen ve yüzde 85 oranında safrol olan sassafra yağı bir zamanlar kök birasında başlıca tat maddesi olarak kullanılıyordu. Şimdiyse safrol kanser yapıcı bir madde olarak kabul ediliyor ve sassafra yağı gibi onun da gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılması yasak.

HİNTCEVİZİ VE NEW YORK

Portekizliler on altıncı yüzyıl boyunca karanfil ticaretini büyük ölçüde ellerinde tuttularsa da hiçbir zaman tam bir tekel kuramadılar. Ternate ve Tidore adalarının sultanlarıyla ticaret anlaşmaları yapıp buralarda kaleler kurdular, ama bu ittifaklar kalıcı olmadı. Molukkalılar geleneksel ticaret ortakları olan Javalılara ve Malaylılara karanfil satmayı sürdürdüler.

Sonraki yüzyılda daha çok gemisi ve insangücü, daha iyi topları ve daha sert bir sömürge politikası olan Hollandalılar, 1602'de kurulmuş olan kudretli Hollanda Doğu Hindistan Şirketi'nin –Vereenigte Oostindische Compagnie ya da kısaca VOC– himayesinde baharat ticaretinin yeni patronları oldular. Tekelin kurulması ve sürdürülmesi kolay olmadı. VOC'un Malukuları tümüyle denetimi altına alması, İspanyol ve Portekizlileri geri kalan mevzilerinden söküp atması ve yerel halkın direnişini acımasızca bastırması 1667'yi buldu.

Mevzilerini sağlamlaştırabilmek için Hollandalıların Banda Adaları'ndaki hintcevizi ticaretine egemen olmaları gerekiyordu. 1602 yılında imzalanan bir antlaşma VOC'a adalarda üretilen tüm hintcevizini alma hakkı veriyordu; ama her ne kadar köy reisleri antlaşmayı imzalamışsa da, tekel kavramı ya Bandalılarca kabul edilmemiş ya da (belki) anlaşılmamış olduğundan yerliler ellerindeki hintcevizini, çok iyi anladıkları bir usulle en çok parayı veren tüccara satmayı sürdürüyorlardı.

Hollandalıların tepkisi acımasızdı. Hintcevizi ticaretini tümüyle denetim altına almak için Bandalar'a bir savaş filosu ve yüzlerce asker gönderildi, büyük kaleler kuruldu. Bir dizi saldırı, karşı saldırı, katliam, yenilenen sözleşme ve yine ihlal edilen antlaşmanın ardından Hollandalılar bu kez daha da kararlı davrandılar. Kurdukları kalelerin çevresinde bulunanlar hariç tüm hintcevizi bahçelerini tahrip ettiler. Bandalıların köyleri yakıldı, reisleri idam edildi ve halkın geri kalanı da, hintcevizi üretimini denetlemek için getirilen Hollandalı göçmenlerin emrinde köleleştirildi.

VOC'un tekelinin tamamlanması karşısındaki tek tehdit, Banda Adaları'nın en uzağı olan Run'da yıllar önce yerli reislerin bir ticaret anlaşması imzalamış oldukları İngilizlerin varlığıydı. Hintcevizi ağaçlarının bolluktan kayalık yamaçlara tırmandığı bu ada pek çok kanlı çarpışmaya tanıklık etti. Şiddetli bir kuşatmayı Hollandalıların işgali ve hintcevizi bahçelerinin yok edilmesi takip etti. Ardından imzalanan Breda Antlaşması'yla, Hollandalıların Manhattan adası üzerindeki tüm haklarından vazgeçtiğini ilan eden resmi bir belge karşılığında İngilizler de Run adası üzerindeki tüm haklarından vazgeçtiler. Nieu Amsterdam New York oldu; hintcevizi de tümüyle Hollandalıların oldu.

Ne var ki tüm çabalarına karşın Hollandalıların da hintcevizi ve karanfil üzerindeki tekelleri kalıcı olamadı. 1770 yılında bir Fransız diplomat Malukular'dan kaçak olarak aldığı karanfil fidelerini Fransız sömürgesi Mauritius'a götürmeyi başardı. Karanfil oradan tüm Doğu Afrika kıyılarına yayıldı ve özellikle de temel ihraç ürünü haline geldiği Zanzibar'da üretilmeye başladı.

Hintcevizininse, anavatanı olan Banda Adaları'nın dışında yetiştirilmesinin güç olduğu görüldü. Ağaç mineralce zengin, rutubetli, yüksek geçirgenlikte bir toprak, şiddetli güneş ışığı, sert rüzgârlardan uzak, sıcak ve rutubetli bir iklim istiyordu. Rakiplerinin başka yerlerde hintcevizi yetiştirmede karşılaştıkları güçlüklere karşın Hollandalılar, yine de filizlenmelerini önlemek için hintcevizi yemişlerini ihraç etmeden önce kirece (kalsiyum hidroksil ya da kireç kaymağı) batırıyorlardı. Ama sonunda İngilizler hintcevizi ağaçlarını Singapur ve Batı Hint Adaları'nda yetiştirmeyi başardılar. Karayipler'deki Grenada adası "hintcevizi adası" olarak anılmaya başladı ve bugün de bu baharın en büyük üreticisi olmayı sürdürüyor.

Baharatın dünya ticaretindeki önemini günümüzde koruyamamasının nedeni, soğutma teknolojisinin ortaya çıkması. Gıdaların korunabilmesi için karabibere, karanfile ve hintcevizine gerek kalmaması, piperin, öjenol, izoöjenol ve bir zamanların egzotik baharatının diğer hoş kokulu moleküllerine olan muazzam talebi ortadan kaldırdı. Günümüzde karabiber ve öteki baharlar Hindistan'da hâlâ yetiştiriliyor olmakla birlikte artık önemli ihraç malları arasında yer almıyor. Bugün Endonezya'ya ait olan Ternate ve Tidore adalarıyla Banda Adaları her zamankinden daha ıssız. Depolarını tıka basa karanfil ve hintceviziyle doldurma peşindeki koca yelkenli gemilerin artık uğramadığı, güneş altında uyuklayan bu adaların şimdiki tek ziyaretçileri, yıkık dökük eski Hollanda kalelerini gezmek ya da el değmemiş mercan kayalıklarına dalmak için gelen tek tük turistler.

Baharatın cazibesi geçmişte kaldı. Moleküllerinin yemeklerimize kattığı zengin, sıcak tatlar nedeniyle onları hâlâ mutfaklarımızda istiyoruz, ama artık doldurdukları hazineleri, yol açtıkları çatışmaları ve esin verdikleri akıl almaz keşif serüvenlerini pek düşünmüyoruz.

2

ASKORBİK ASİT

KEŞİFLER ÇAĞI, gücünü baharat ticaretinin moleküllerinden alıyordu; ama onu neredeyse sona erdiren de başka bir molekülün yokluğuydu. 1519-22 yılları arasında Macellan'ın dünya çevresinde yaptığı yolculukta tayfaların yüzde doksanından fazlası, büyük ölçüde askorbik asit, yani gıdalarda bulunan C vitamini eksikliğinden kaynaklanan amansız bir hastalık olan iskorbüt nedeniyle telef olmuştu.

Bitkinlik ve zayıflık, kol ve bacakların şişmesi, dişetlerinin yumuşaması, bedende ortaya çıkan çürükler, burun ve ağızdan kan gelmesi, ağız kokusu, ishal, adale ağrıları, dişlerin dökülmesi, akciğer ve böbrek sorunları... İskorbüt belirtilerinin listesi uzun olduğu kadar korkunçtur. Ölüm genellikle zatürre ya da başka bir solunum problemi şeklinde şiddetli bir enfeksiyon ya da (gençlerde bile) kalp kriziyle gelir. Belirtilerden biri olan depresyon hastalığın ilk evrelerinde ortaya çıkar; ama hastalığın doğrudan bir etkisi mi olduğu yoksa başka belirtilere karşı bir tepki olarak mı geliştiği belli değildir. Kendinizi sürekli bitkin hissetseniz, vücudunuzu bir türlü iyileşmeyen yaralar sarsa, acıyan ve kanayan dişetleriniz ve kötü kokan bir nefesiniz olsa, ishalden kurtulamasanız ve daha da kötüsünün yolda olduğunu bilseniz siz de depresyona kapılmaz mıydınız?

İskorbüt eski bir hastalıktır. Neolitik çağdan (cilalı taş devri) kalma kemik kalıntılarındaki değişimlerin iskorbüt etkileriyle tutarlı olduğu ve bazı eski Mısır hiyerogliflerinin de hastalığa atıfta bulunduğu düşünülmektedir. İskorbüt* sözcüğünün, dokuzuncu yüzyıl-

dan başlayarak kuzeyde, İskandinavya'daki yurtlarından Avrupa'nın Atlantik kıyılarına yağma seferlerine çıkan denizci Viking savaşçılarının Norse dilinden geldiği söylenir. Vitamince zengin taze meyve ve sebzenin yokluğu, gemilerde ve kış aylarında kuzey toplumlarında alışılmış bir durum olmalıydı. Vikinglerin, Grönland üzerinden Amerika'ya yaptıkları yolculuklarda iskorbüt otu da denen bir cins kuzey teresinden yararlandıkları rivayet edilir. Büyük olasılıkla iskorbüt olan bir hastalığın ilk ayrıntılı anlatımı on üçüncü yüzyıldaki Haçlı Seferleri'ne tarihlendirilir.

DENİZLERDE İSKORBÜT

On dördüncü ve on beşinci yüzyıllarda, daha iyi yelkenler ve tam donanımlı gemilerin uzun yolculukları olanaklı kılmasıyla birlikte iskorbüt denizlerde olağan hale geldi. Yunanlı ve Romalıların kullandığı kürekli gemiler ve Arapların kullandığı küçük yelkenli tekneler kıyılara oldukça yakın rotalarda seyrediyordu. Bu tekneler açık denizlerin çalkantılı sularına ve devasa dalgalarına dayanacak yapıda değildi. Dolayısıyla da kıyıdan ender olarak uzaklaşıyor ve erzak stoklarını da birkaç gün ya da haftada yenileyebiliyorlardı. Düzenli olarak taze yiyeceklere erişim, iskobütün önemli bir problem olmaması demekti. Ancak, on beşinci yüzyılda büyük yelkenli gemilerle uzun okyanus yolculukları yalnızca Keşifler Çağı'nın değil, tuzlanmış ya da kurutulmuş yiyeceklere mahkûm olmanın da habercisiydi.

Büyük gemiler yük ve silah, karmaşık donanım ve yelkenlerle baş edecek daha kalabalık bir mürettebat ve denizde aylarca yetecek kadar yiyecek ve su taşımak zorundaydı. Güverte ve tayfa sayısın-

* Dilbilimciler, iskorbüt sözcüğünün eski Norse (eski Danimarka dilinde Norveçli, Kuzeyli demek) dilinde *skybjugr* bileşik sözcüğünden türemiş olabileceği görüşündeler. *Sky* "süt", *byugr* "şiş" demek olduğundan, *skybjurg* sözcüğünün uzun deniz yolculuklarında ekşimiş süt içmekten vücutta oluşan şişliklerle ilişkili olabileceği düşünülüyor. Eski Almancada *Schoren* (yara) ve *buk* (göbek) sözcüklerinin birleşmesinden, karında kesikler oluşturan hastalık anlamına gelen sözcük Latinceye *scorbutus* olarak, ondan da Fransızcaya *scorbut* olarak geçmiş. İngilizcedeki karşılığı olan *scurvy* Nordik kökene ve telaffuzuna daha yakın görünüyor. *–ç.n.*

daki artış ve taşınan erzağın miktarı, mürettebat için sıkış tepiş çalışma ve uyuma koşulları, yetersiz havalandırma ve dolayısıyla da salgın hastalıklar ve solunum problemlerinde artış anlamına geliyordu. Verem ve kanlı ishal, herhalde vücut ve saç biti, uyuz ve öteki bulaşıcı deri hastalıkları kadar yaygındı.

Denizcinin standart yemeği de sağlığına olumlu bir katkı yapacak gibi değildi. İki önemli etmen denizcinin beslenme şeklini belirliyordu. Öncelikle ahşap gemilerde yiyecek dahil herhangi bir şeyi kuru ve küften uzak tutmak son derece güçtü. Yalıtım malzemesi namına yalnızca kok kömürü imalinde yan ürün olarak ortaya çıkan koyu renkli yapışkan bir madde olan katran bordanın dış yüzeyine sürüldüğünden, küpeşteler su çekiyordu. Dolayısıyla gövdenin içi, özellikle de havalandırmanın yetersiz olduğu yerler son derece rutubetli olmalıydı. Yelken yolculuklarının birçoğuna ilişkin hikâyelerde sürekli bir rutubet ortamı ve bunun sonucu giysilerin, deri çizme ve kemerlerin, yatakların ve kitapların küflenmesi anlatılır. Standart denizci tayını, tuzlanmış sığır ya da domuz etinin yanında, tuz kullanılmadan suyla yoğrulan hamurdan yapılan ve ekmek yerine geçen taş gibi sert denizci peksimetleriydi. Peksimetin, küflenmeye direnç gibi arzu edilir bir özelliği vardı. Öylesine sertleşene kadar pişiriliyordu ki, bozulmadan on yıllarca dayanabilirdi; ama bunlara diş geçirmek de, özellikle iskorbütün başlamasıyla dişetleri iltihaplananlar için aynı ölçüde zordu. Genelde gemi peksimetleri kurtlanmış olurdu; ama bu durum gemicilerce tercih edilen bir şeydi, çünkü kurtların delik deşik ettiği peksimetler daha kolay kırılabiliyor ve çiğnenebiliyordu.

Ahşap gemilerde tayınları belirleyen ikinci etmen de yangın korkusuydu. Ahşap yapı ve kolayca tutuşan katranın bol bol kullanılmış olması, denizde yangın tehlikesine karşı sürekli tetikte olmayı gerektiriyordu. Dolayısıyla gemilerde yalnızca mutfakta, o da sakin havalarda ateş yakılmasına izin veriliyordu. Hava bozmaya yüz tutar tutmaz, fırtına geçinceye kadar ateşler söndürülüyordu. Çoğu zaman günlerce yemek pişirilemiyordu. Tuzlanmış et, tuzunu azaltmak için saatlerce suda tutulamıyor, peksimet de biraz daha yenilebilir olması için sıcak yahni ya da et suyuna batırılamıyordu.

Bir seferin başlangıcında erzak gemiye dolduruluyordu: tereyağı, peynir, sirke, ekmek, kuru bezelye, bira ve rom. Tereyağı çok geçmeden bayatlıyor, ekmek küfleniyor, bezelye kurtlanıyor, peynir sertleşiyor ve bira ekşiyordu. Üstelik bunlardan hiçbiri C vitamini de sağlamadığından, genellikle limandan ayrıldıktan yalnızca altı hafta sonra iskorbüt belirtileri görülmeye başlıyordu. Durum bu olunca Avrupa devletlerinin donanma gemilerine mürettebat bulmak için zorla, tehditle adam toplamalarına şaşmamak lazım.

İskorbütün denizcilerin yaşam ve sağlıklarından alıp götürdükleri, ilk seferlerin seyir defterlerinde kayıtlıdır. Portekizli kâşif Vasco de Gama 1497 yılında Afrika'nın güney ucunu (Ümit Burnu) dolandığında, 160 kişilik mürettebatından 100'ü iskorbütten ölmüştü. Tüm mürettebatı hastalıktan ölmüş olan gemilerin denizlerde başıboş dolaştığına dair raporlar vardır. Yüzyıllar boyunca iskorbütün denizlerde tüm öteki nedenlere bağlı ölümlerden –deniz savaşlarının toplam zayiatından, korsan saldırılarından, deniz kazalarından ve hastalıklardan– daha fazla can aldığı tahmin edilmektedir.

İşin şaşılacak yanı şu ki, o yıllarda iskorbütü önleyici maddeler ve tedavi yolları biliniyor ama buna karşın büyük ölçüde gözardı ediliyordu. Çinliler daha beşinci yüzyılda gemilerinde saksılar içinde taze zencefil yetiştiriyorlardı. Taze meyve ve sebzenin iskorbüt belirtilerini hafiflettiği bilgisine kuşkusuz Güneydoğu Asya'da Çin ticaret gemileriyle temas halinde olan ülkeler de sahipti. Bu bilgi onlardan Hollandalılara ve sonra da öteki Avrupa ülkelerine aktarılmış olmalı; zira 1601 yılında İngiltere Doğu Hint Adaları Şirketi'nin ilk filosunun doğuya giderken Madagaskar'a uğrayıp portakal ve limon topladığı biliniyor. Dört gemilik bu küçük filo, sancak gemisi *Dragon*'da şişe içinde limon suyu taşıyan Kaptan James Lancaster'ın komutası altındaydı. İskorbüt belirtileri göstermeye başlayan herkese sabahları üç çay kaşığı limon suyu veriliyordu. Ümit Burnu'na gelindiğinde *Dragon*'da iskorbüt hastası yoktu; buna karşılık öteki üç gemide hastalığın yol açtığı kayıplar önemli sayılara ulaşmıştı. Lancaster'ın talimatına ve ortaya koyduğu örneğe karşın, bu seferde görev yapan mürettebatın dörtte birine yakını iskorbütten hayatını kaybetti. Ölümün dokunamadığı tek gemiyse Lancaster'ın sancak gemisiydi.

Altmış beş yıl kadar öncesinde, Fransız kâşif Jacques Cartier'nin Newfoundland ve Quebec'e yaptığı ikinci seferde mürettebat, birçok ölüme yol açan bir iskorbüt salgınından fena halde etkilenmişti. Yerlilerin önerdiği bir tedavi yöntemi –içinde ladin ağacının iğnelerinin bekletilmiş olduğu suyun içilmesi– mucizevi sonuçlar doğurmuştu. Neredeyse ertesi günden başlayarak belirtiler hafiflemeye başlamış ve hastalık kısa sürede ortadan kaybolmuştu. 1593 yılında İngiliz donanmasında amiral olan Sir Richard Hawkins, kendi aktif denizcilik yaşamı boyunca en az 10.000 denizcinin iskorbütten öldüğünü, oysa limon suyunun hemen etki eden bir tedavi aracı olabileceğini söylemişti.

İskorbütün başarıyla tedavisine değinen bazı eserler bile vardı. John Woodall'un 1617 yılında yayımlanan *Surgeon's Mate* (Cerrah Yardımcısı)* adlı kitabında, limon suyunun hem hastalığı önleme hem de tedavi aracı olarak önerildiği kaydediliyordu. Seksen yıl sonra Dr. William Cockburn'ün *Sea Diseases, or the Treatise of Their Nature, Cause and Cure* (Deniz Hastalıkları: Özellikleri, Nedenleri ve Tedavileri Üzerine Bir İnceleme) adlı eseri de taze meyve ve sebze önermekteydi. Sirke, tuzlu su, tarçın ve peyniraltı suyu gibi başka önerilerin ise hem bir yararı yoktu hem de muhtemelen doğru tedaviyi engelliyorlardı.

Turunçgillerin sularının etkileri ancak bir sonraki yüzyılın ortalarında kontrollü klinik deneylerle kanıtlanabildi. Gerçi deneylerdeki örneklemler çok küçüktü, ama sonuçlar kuşkuya yer bırakmayacak nitelikteydi. 1747 yılında *Salisbury* gemisinin İskoçyalı donanma cerrahı James Lind, deneyi için gemide iskorbüt hastası on iki denizciyi seçti. Hastalarını seçerken olabildiğince aynı belirtileri taşımalarına dikkat etmişti. Deneklerin hepsine aynı yemekleri yedirdi: bu hastaların yemekte çok zorlanacakları salamura et ve peksimet yerine, tatlandırılmış sulu yulaf lapası, et suyu, kaynamış peksimet, arpa, hint irmiği, pilav, kuru üzüm, frenk üzümü ve şarap. Bunlara ek olarak hastalardan ikisine günde adam başı bir litre elma

* O zamanlar savaş gemilerine atanan doktorlar genellikle kurşun, kılıç, top mermisi yaralanmalarına müdahale etmek zorunda olduklarından cerrahlar arasından seçilirdi. Bu nedenle Anglosakson ülkelerinde askeri tabiplere doktor değil cerrah, gemi doktorlarına da gemi cerrahı denirdi. *–ç.n.*

şırası veriliyordu. İki kişinin günlük ek istihkakı sirkeydi. Talihsiz bir çiftin payına sulandırılmış vitriol iksiri (ya da sülfürik asit) düşmüştü. Başka bir çift, günde adam başı 250 gram kadar deniz suyu içmek zorundaydı. Bir başka ikili, hintcevizi, sarımsak, hardal tohumu, mür*, dikenli krem tartar (üzüm kabuğundaki tartarik asidin tuzlaşmış hali ya da potasyum bitartarat) ve arpa suyundan oluşan bir karışımı deniyordu. Sona kalan şanslı çifteyse günde adam başı iki portakal ve bir limon veriliyordu. Sonuç hızlı ve açıktı. Portakal ve limon verilen çift altı gün içinde göreve hazırdı. (Umarız öteki on denizci de sülfürik asit, hintcevizi ve deniz suyu rejiminden çıkarılıp portakal-limon tedavisine alınmıştır.) Lind'in sonuçları *A Treatise of Scurvy* (İskorbüt Üzerine Bir İnceleme) adıyla yayımlandı; ancak İngiliz Donanması'nda zorunlu limon suyu dağıtımı uygulamasının başlaması için 40 yıl daha geçmesi gerekecekti.

Peki ama, madem iskorbüt için etkili bir tedavi yöntemi bulunmuştu, neden hemen uygulamaya konup yaygın olarak kullanılmadı? Ne yazık ki, iskorbüt tedavisi için bu yöntem kendini kanıtlamış olsa da, görünüşe göre kanıtın geçerliliği tanınmamış ya da etkisine inanılmamıştı. Yaygın kabul gören bir kuram, iskorbütün nedenini taze meyve ve sebze eksikliğine değil, ya çok fazla salamura et yenmesine ya da yeterince taze et yenmemesine bağlıyordu. Ayrıca bir de işin lojistik kısmı vardı: Turunçgilleri haftalarca taze olarak saklamak mümkün olamıyordu. Limon suyunu konsantre hale getirip saklamak için çabalar gösterildi, ama bu süreçler uzun, pahalı ve muhtemelen fazla etkili değildi; çünkü şimdi biliyoruz ki C vitamini ısı ve güneş ışığı tarafından kolayca tahrip edilebiliyor ve uzun süreli depolama meyvelerdeki miktarını azaltıyor.

İşin masrafı ve zahmeti nedeniyle deniz subayları, doktorlar, İngiltere Deniz Kuvvetleri ve gemi sahipleri, kalabalık mürettebat taşıyan gemilerde yeteri miktarda yeşillik ya da turunçgil yetiştirmenin bir yolunu göremiyorlardı. Bu, geminin kıymetli yükleri için gerekli alanın bir kısmından feragat edilmesi demekti. Tazesi olsun konsantresi olsun, limon ve portakal –özellikle de bir önlem olarak–

* Anavatanı Yemen olan *myrhh* ağacının kabuğunun çizilmesiyle elde edilen, sakızlaşan özsu. –*ç.n.*

her gün mürettebata verilmek için fazla pahalıydı. İşler tasarruf ve kâr marjı üzerinden yürüyordu; ama geriye bakıldığında elde edilenin sahte bir tasarruf olduğu anlaşılıyor. Gemiler iskorbütten yüzde 30, 40 hatta 50 oranında ölüm olasılığına karşı kapasitelerinin üzerinde mürettebat alıyorlardı. Yüksek bir ölüm oranı olmadan bile iskorbüt hastalığıyla boğuşan bir mürettebatın verimi hayli düşük oluyordu. Ve tabii işin bir de o zamanlar kimsenin pek üzerinde durmadığı insani boyutu vardı.

Bir başka unsur, tipik bir mürettebatın inatçılığıydı. Geminin standart menüsüne alışmışlardı ve her ne kadar denizde her gün füme et ve sert peksimete talim etmekten gına gelmiş olsa da, limana ayak bastıklarında saldırdıkları, bu kez tazeleri olmak üzere bol bol et, ekmek, peynir, tereyağı ve iyisinden biraydı. Taze meyve ve sebze bulunuyor olsa bile mürettebatın büyük bölümü bunlara yüz vermiyordu. İstedikleri yalnızca et ve daha fazla etti – haşlanmış, yahni ya da kızarmış. Daha üst sosyal sınıflardan gelen, dolayısıyla daha geniş ve daha çeşitli bir yemek kültürüne sahip olan subaylar genellikle limanlardayken meyve ve sebze yemeyi normal ve çok daha çekici buluyorlardı. Zaman zaman karaya ayak bastıkları yerlerde bulunabilecek egzotik yeni yiyecekleri deniyorlardı. Demirhindi, misket limonu ve C vitamini bakımından zengin öteki meyveler, tayfaların burun kıvırdığı ama onların denemeye can attıkları yerel mutfaklarda bolca bulunabiliyordu. Böyle olunca da iskorbüt gemi subayları için fazlaca sorun olmuyordu.

COOK: YÜZLERCE TAYFA – SIFIR İSKORBÜT

İngiliz Kraliyet Donanması'ndan James Cook, mürettebatlarının iskorbüte yakalanmamasını garanti altına alan ilk kaptandı. Cook bazen, antiskorbütik denen iskorbüt iyileştirici yiyeceklerin keşfiyle de özdeşleştirilir; ama asıl başarısı, tüm gemilerinde üst düzey bir yemek rejimi ve hijyenini yerleştirmesidir. Titiz standartlarının sonucunda, tüm gemilerinde olağanüstü bir sağlık düzeyi ve mürettebatı içinde düşük bir ölüm oranı vardı. Cook donanmaya görece geç –yirmi yedi yaşında– katılmış, ama daha önceki dokuz yıl boyunca ticaret gemilerinde güverte tayfası olarak Kuzey Denizi ve Baltık'ta

edindiği deneyim ve doğal denizci yetenekleri sayesinde donanma hiyerarşisinde hızla yükselmişti. İskorbüt ile ilk karşılaşması, Kanada'da St. Lawrence Nehri üzerindeki Fransız hâkimiyetini kırmak amacıyla çıktığı ilk Atlantikaşırı seferinde olmuştu. Bu sıradan hastalığın böylesine bir yıkıma yol açabilmesinden korkuya kapılan Cook, mürettebattan onca insanın ölmesinin, iş verimindeki tehlikeli düşüşün ve hatta gemilerin bile kaybının genel olarak kaçınılmaz sayılması karşısında hayretten donakalmıştı.

Cook'un Kuzey Amerika'nın Atlantik kıyısındaki Nova Scotia, St. Lawrence Körfezi ve Newfoundland bölgelerinde yapığı keşifler ve haritalamanın yanı sıra güneş tutulması sırasında yaptığı duyarlı gözlemler, İngiltere'de 1645 yılında "doğa bilgisini geliştirmek" amacıyla kurulmuş olan Kraliyet Derneği'ni etkiledi. Cook *Endeavour* adlı geminin komutanlığına getirildi ve güneydeki okyanusları keşfe çıkıp haritaya dökmesi, yeni bitki ve hayvanlar araştırması ve gezegenlerin güneş önünden geçişleriyle ilgili gökbilim gözlemleri yapması talimatı verildi.

Cook'un hem bu seferi hem de sonrakiler için güçlü ama fazla bilinmeyen bir nedense politikti. Daha önceden keşfedilmiş yerleri Britanya adına sahiplenmek, güneydeki büyük kıta Terra Australis Incognita dahil keşfedilecek yeni yerlere sahip çıkmak ve (Amerika'nın kuzeyinde adalar ve buzlarla kaplı denizden geçerek Atlantik'ten Pasifik Okyanusu'na kısa yoldan geçişi sağlayacak) bir kuzeybatı geçidi bulmak, Deniz Kuvvetleri'nin öncelikli hedefleri arasındaydı. Cook'un bu hedeflerden pek çoğunu gerçekleştirmesi, büyük ölçüde askorbik asit sayesindeydi.

Endeavour 10 Haziran 1770'te Avustralya'nın kuzey Queensland bölgesinde, günümüzün Cooktown adlı kasabasının hemen güneyindeki Büyük Bariyer Resifi'nde karaya oturduğunda neler olduğunu hatırlayalım. Felaketle burun buruna gelinmişti. Gemi derin suda kayalara bindirdiğinden gövdede açılan delik olağanüstü önlemler gerektirmekteydi. Gemiyi hafifletmek için tüm mürettebat gemide hayati olmayan ne varsa denize attı. Yirmi üç saat aralıksız pompa başında ambara dolmakta olan suyu boşaltmaya çabalarken, bir yandan da çapa zincirleri ve halatlarla ağır bir yelkeni gövdenin altından geçirerek deliği tıkamaya uğraştılar. Sonunda inanılmaz

çabalar, üstün denizci yetenekleri ve şans sayesinde gemi kayalıktan kurtuldu ve tamiratın başlaması için kuma oturtuldu. Felakete ramak kalmış böylesine bir durumla, iskorbütün pençesinde olan bitkin bir mürettebat asla baş edemezdi.

Cook'un yolculuklarında sağladığı başarılar için sağlıklı, iyi çalışan bir mürettebat zorunluydu. Kraliyet Derneği, kendisine en yüksek onur sembolü olan Copley altın madalyasını denizcilik başarıları için değil, iskorbütün uzun deniz seferlerinde kaçınılmaz bir yol arkadaşı olmadığını kanıtladığı için vererek bu gerçeği kabullendiğini gösterdi. Cook'un yöntemleri basitti. Gemide, özellikle de mürettebatın sıkış tepiş yatakhanelerinde temizliğe titizlikle uyulması konusunda tavizsizdi. Tüm mürettebatın giyeceklerini düzenli olarak yıkamaları, hava izin verdikçe yataklarını havalandırıp kurutmaları, güverte aralarını ilaçlamaları ve genel olarak "gemici formunda" deyiminin hakkını vermeleri zorunluydu. Dengeli bir diyet için gerekli olduğunu düşündüğü taze meyve ve sebze bulunamadığı zaman, adamlarının geminin standart erzağına dahil ettiği lahana turşusundan yemeleri gerekiyordu. Cook, bulduğu her fırsatta stoklarını takviye etmek, kaşıkotu, yabani kereviz gibi yenilecek otlardan ya da çay gibi kaynatılıp içilebilecek bitkilerden toplattırmak için kıyıya yanaşıyordu.

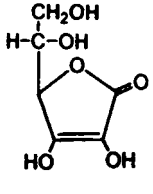
Tabii bu diyet, bilindik gemici tayınına alışık olan ve yeni tatlara sıcak bakmayan mürettebatın hoşuna gitmiyordu; ama Cook'un dediği dedikti. Kendisi ve subayları da bu diyete uyuyor, bizzat örnek olarak, otoritesi ve kararlığı sayesinde mürettebatı da uyduruyordu. Cook'un lahana turşusu ya da kereviz yemediği için kimseyi kırbaçlattığına dair bir kayıt olmasa da mürettebat, kurallarına uyulmadığı takdirde kaptanın kırbaca başvurmakta tereddüt etmeyeceğini çok iyi biliyordu. Cook arada kurnaz yöntemlere de başvuruyordu. Örneğin bir keresinde yerel bitkilerden oluşan bir "ekşi lahana"nın yalnızca subaylara özel olarak hazırlanması talimatını verdiğini, bir hafta geçmeden tayfaların da kendi paylarını istemeye başladıklarını kayıt defterine geçmişti.

Cook'un elde ettiği başarılı sonuç, mürettebatı, kaptanlarının yemekle ilgili garip takıntısının boşuna olmadığına inandırmış olmalı. Cook tek bir tayfasını bile iskorbüte kaptırmadı. Neredeyse üç yıl

süren ilk yolculuğunda mürettebatının üçte biri Hollanda Doğu Hint Adaları'nda (Endonezya) şimdi Jakarta olan Batavia'da yakalandıkları dizanteri ya da sıtma hastalıklarından öldü. 1772'den 1775'e kadar süren ikinci yolculuğundaysa mürettebatından bir kişi, o da iskorbütten değil başka bir hastalıktan öldü. Ancak bu seferde kendisine eşlik eden öteki gemi iskorbütten fena halde etkilenmiş olduğundan, komutanı Tobias Furneaux Cook tarafından ağır biçimde paylandı, antiskorbütik maddelerin hazırlanması ve mürettebata uygulanması için bir kez daha uyarıldı. Askorbik asit molekülü olan C vitamini sayesinde Cook etkileyici bir başarı listesi oluşturdu. Hawaii Adaları'nın ve Büyük Bariyer Resifi'nin keşfi, ilk kez Yeni Zelanda'nın çevresinin dolanılması, Pasifik Okyanusu'nun kuzeybatı kıyılarının ilk kez haritalanması ve Güney Kutup Dairesi'nin ilk kez geçilmesi, listede başı çekiyordu.

BÜYÜK BİR ROLDE KÜÇÜK BİR MOLEKÜL

Dünya haritasında böylesine büyük bir rol oynayan bu küçük bileşik nedir? *Vitamin* sözcüğü Latince *vita* yani yaşam sözcüğüyle "amin" (nitrojen içeren organik bileşik – başta tüm vitaminlerin en az bir nitrojen atomu içerdiği düşünülüyordu) sözcüğünün birleşiminden oluşuyor. C vitaminindeki C, bunun belirlenen üçüncü vitamin olduğuna işaret ediyor.



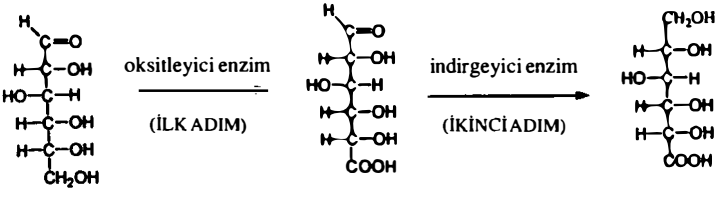
Askorbik asidin (ya da C vitamini) yapısı

Bu adlandırma sisteminin çeşitli kusurları var: Yalnızca B vitaminleriyle H vitamininde nitrojen bulunuyor. Orijinal B vitamininin daha sonra birden fazla bileşikten oluştuğu keşfedildi. B_1 vitamini,

B_2 vitamini vb. denmesi bundan. Ayrıca birçok sözde farklı vitaminin de aynı bileşik olduğu anlaşıldı. Dolayısıyla F ve G vitaminleri yok.

Memeliler arasında yalnızca (insanların da dahil olduğu) primatlar, kobaylar ve Hint meyve yarasaları diyetlerinde C vitaminine gerek duyar. Tüm öteki omurgalılarda –örneğin evinizdeki kedi ya da köpekte– askorbik asit, karaciğerde her biri bir enzim tarafından katalize edilen dört kimyasal tepkime dizisiyle basit bir şeker molekülü olan glukozdan üretilir. Dolayısıyla askorbik asit bu hayvanların besinle almaları gereken bir madde değildir. İnsanlar evrim sürecinin bir yerlerinde glukozdan askorbik asit sentezleme yetilerini kaybetmiş olmalılar – muhtemelen bu dizideki son adımda gerekli olan *gulonolakton oksidaz* enzimini üretmemizi sağlayan genetik malzeme yitirildiği için.

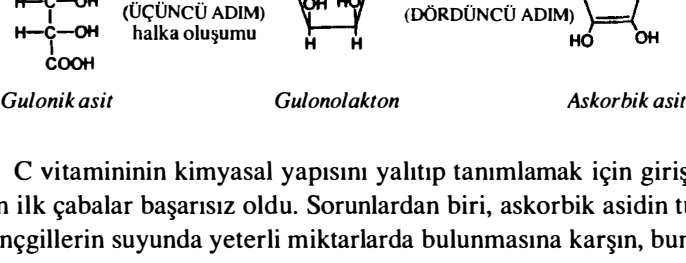
Askorbik asidin endüstriyel olarak (yine glukozdan) üretilmesinde kullanılan modern sentetik yöntemin temeli de, biraz farklı bir sırada olmakla birlikte benzer bir dizi tepkimedir. İlk adım bir moleküle oksijenin eklenmesi veya hidrojenin çıkartılması ya da her ikisinin birden yapılması demek olan bir oksidasyon (oksitleme) tepkimesidir. Redüksiyon ya da indirgeme diye adlandırılan tersi süreçteyse ya molekülden oksijen çıkartılır, ya moleküle hidrojen eklenir ya da yine her ikisi birden yapılır.



Glukoz *Glukuronik asit* *Gulonik asit*

İkinci adımda, glukoz molekülünün birinci adımdan sonra aldığı şeklin öteki ucunda bir indirgenme olur ve gulonik asit denen bileşik oluşur. Bir sonraki aşama olan üçüncü adımda gulonik asit, bir *lakton* biçiminde halkalı bir molekül oluşturur. Son bir oksitleme adımı, askorbik asit molekülünün ikili bağını meydana getirir. İn-

sanlarda eksik olan, işte bu dördüncü ve son adım için gereken enzimdir.



Gulonik asit *Gulonolakton* *Askorbik asit*

C vitamininin kimyasal yapısını yalıtıp tanımlamak için girişilen ilk çabalar başarısız oldu. Sorunlardan biri, askorbik asidin turunçgillerin suyunda yeterli miktarlarda bulunmasına karşın, bunu bu meyvelerin suyunda yine bolca bulunan şeker ve şeker benzeri maddelerden ayırmanın çok zor olmasıydı. O halde ilk saf askorbik asit örneğinin bitkilerden değil hayvansal bir kaynaktan elde edilmiş olması pek şaşırtıcı olmasa gerek.

1928 yılında İngiltere'de Cambridge Üniversitesi'nde çalışan Macar doktor ve biyokimyacı Albert Szent-Györgi, bir ineğin böbreklerinin yanında bulunan bir çift endokrin bezinin içindeki yağlı kısım olan sığır adrenal korteksinden bir gramdan daha az kristalimsi bir madde elde etti. Kaynağında ağırlık olarak yalnızca on binde üç oranında bulunan bileşiğin C vitamini olduğu başta anlaşılmadı. Szent-Györgi, yeni bir şeker benzeri hormon yalıttığını düşünmüş ve "ignoz" (*ignose*) adını önermişti. "İgnoz" sözcüğünün sonundaki "oz (*ose*)", şekerler için kullanılan bir takıydı (fruktoz, glukoz gibi); araştırmacı, baştaki "ign" kısmını da, yapısını bilmediğini anlatmak için cahil sözcüğünün İngilizcedeki karşılığı olan *ignorant*'tan almıştı. Bu ismin makalenin yayımlanacağı *Biochemical Journal* dergisince kabul edilmemesi üzerine araştırmacı, bu kez *Godnoz* ismini önerdi. İngilizcede "*God knows*" (Allah bilir) deyimiyle aynı biçimde telaffuz edilen yeni öneri de, derginin belli ki Szent-Györgi'nin mizah duygusunu paylaşmayan editörünce geri çevrilince, Macar araştırmacı kulağa daha bir durmuş oturmuş gelen *heksüronik asit* adında karar kıldı. Szent-Györgi'nin örneği, kesin sonuçlu bir

kimyasal analizle, formülde altı karbon atomunun varlığını gösterecek kadar saftı. Dolayısıyla $C_6H_8O_6$ formüllü bileşik, altı rakamının Yunanca karşılığına (*hex*) atfen heksüronik asit olarak adlandırıldı.

Askorbik asidin anlaşılmasında bir sonraki adım yapısının belirlenmesiydi ki, günümüz teknolojisiyle çok küçük miktarlar kullanılarak görece kolay yapılabilen bu iş, 1930'larda gereken büyük miktarların yokluğu nedeniyle imkânsızdı. Ama şans bir kez daha Szent-Györgi'nin yüzüne güldü. Macar paprikasının C vitamini bakımından hayli zengin olduğunu ve daha da önemlisi bileşiğin meyve suyundan yalıtılmasını onca güçleştiren şekerlerin bu sebzede bulunmadığını keşfetti. Yalnızca bir haftalık çalışmanın sonunda bir kilonun üzerinde saf C vitamini kristali elde etmişti. Bu miktar da çalışma ortağı olan Birmingham Üniversitesi kimya profesörü Norman Haworth'un, adı sonradan *askorbik asit* olarak değiştirilecek olan bileşiğin yapısını başarıyla belirlemesi için yetip de artmıştı bile. 1937 yılında artık bu molekülün önemi bilim camiasınca da kabul edilmişti. Szent-Györgi C vitamini üzerindeki çalışmaları nedeniyle Nobel Tıp Ödülü'nü, Haworth da Nobel Kimya Ödülü'nü aldı.

Keşfin üzerinden altmış yıldan daha uzun süre geçmiş olmasına karşın bugün hâlâ askorbik asidin vücutta gördüğü işlevleri tam olarak biliyor değiliz. Şurası kesin ki bu bileşik, hayvanlar âleminde en çok bulunan protein olan ve öteki dokuları birleştirip destekleyen bağ dokularında yer alan kolajen üretiminde temel öneme sahip. Ve tabii kolajen eksikliği de kol ve bacakların şişmesi, dişetlerinin yumuşaması ve dişlerin yerlerinden oynaması gibi iskorbütün ilk belirtilerini açıklıyor. Askorbik asidin günde yalnızca on miligramlık bir miktarının bile iskorbüt belirtilerini önlemeye yettiği söylense de, bu kadarlık bir doz hastalığın klinik olmayan biçimini (hücre düzeyinde C vitamini eksikliği olmasına karşılık önemli belirtilerin görülmemesi) önleyemeyebilir. İmunoloji (bağışıklık bilimi), onkoloji (kanserle ilgili tıp dalı), nöroloji (sinirbilim), endokrinoloji (vücut salgılarıyla ilgili tıp alanı) ve beslenme gibi çok farklı alanlarda sürdürülen çalışmalar hâlâ vücut sistemlerinde askorbik asidin birçok yeni biyokimyasal işlevini ortaya çıkarmaya devam ediyor.

Bu küçük molekül uzun süre yalnızca gizemlerin değil tartışmaların da odağında oldu. İngiliz Donanması, James Lind'in önerilerini

uygulamayı –utanç verici biçimde– kırk iki yıl geciktirdi. Doğu Hindistan Şirketi'ninse, tayfaları zayıf ve denetim altında tutmak için iskorbüt önleyici yiyeceklere tayınlarda yer vermediği iddia edilir. Günümüzde de çeşitli klinik durumların tedavisi için çok büyük dozlarda C vitamini kullanılıp kullanılamayacağı tartışma konusu. Linus Pauling, kimyasal bağlar üzerindeki çalışmalarıyla 1954 yılında Nobel Kimya Ödülü'yle, nükleer silah denemelerine karşı yürüttüğü çalışmalar için de 1962 yılında Nobel Barış Ödülü'yle onurlandırıldı. İki Nobel'li bu bilimci 1970'te C vitamininin tıptaki rolü üzerine bir dizi makalesinin ilkini yayımlayarak soğuk algınlığı, grip ve kanserin önlenmesi ve tedavisinde yüksek dozlarda askorbik asit kullanımını önerdi. Bilimde sahip olduğu saygınlığa karşın tıp dünyası genel olarak Pauling'in önerilerine sıcak bakmadı.

Yetişkinlerde C vitamini için önerilen günlük doz (ÖGD) yaklaşık 60 miligram, yani küçük bir portakalda bulunan kadardır. ÖGD'nin zaman içinde ve ülkelere göre değişim göstermesi, sanıldığı kadar basit olmayan bu molekülün fizyolojik rolünü henüz tam olarak bilmediğimize işaret eder. Hamilelik ve memeyle besleme sırasında daha yüksek bir ÖGD'nin gerektiği kabul edilir. En yüksek ÖGD ise, yetersiz bir beslenme ya da yemek pişirmeye ve yemeye olan ilginin azalması nedeniyle C vitamini alımının düştüğü yaşlılık dönemi için önerilir. İskorbüt yaşlılar arasında hâlâ görülebilen bir hastalıktır.

150 gramlık bir günlük askorbik asit dozu genelde doyum düzeyidir ve üzerinde alınacak miktar, kan plazmasındaki askorbik asit düzeyinde pek fazla yükselme sağlamaz. C vitamininin fazlası böbrekler yoluyla tahliye edildiğinden büyük dozların sağladığı tek yarar ilaç şirketlerinin kârlarını artırmaktır denir. Bununla birlikte, enfeksiyon, ateş, yara iyileşmesi, ishal gibi durumlarda ve uzun bir liste tutan kronik rahatsızlıklarda daha yüksek dozlar gerekebilir.

C vitamininin kırktan fazla hastalık ve rahatsızlığın tedavi ya da hafifletilmesinde oynayabileceği rol araştırılıyor. Bunlara örnek olarak bursit (tendon ve kasların kemikler üzerinde kaymasını sağlayan sıvının bulunduğu keseciklerin iltihaplanması), gut, Crohn hastalığı, çoklu (multipl) skleroz ya da kısaca MS, mide ülserleri, obezite, kemik eklem iltihapları, Herpes simpleks (virütik uçuk) enfeksiyonları, Parkinson hastalığı, anemi (kansızlık), koroner kalp

hastalığı, otoimün hastalıklar (bağışıklık sisteminin kendi vücuduna saldırması), düşük, romatizma, katarakt, diyabet, alkolizm, şizofreni, depresyon, Alzheimer hastalığı, kısırlık, grip, nezle ve kanser sayılabilir. Bu listeye bakınca bu moleküle bazen neden "şişedeki gençlik" dendiği anlaşılıyor; ama araştırma sonuçları şimdilik mucize iddialarının tümünü desteklemiyor.

Her yıl elli bin tonun üzerinde askorbik asit üretiliyor. Endüstriyel olarak glukozdan üretilen sentetik C vitamininin doğal olandan hiçbir farkı yoktur. Doğal ve sentetik askorbik asit arasında fiziksel ya da kimyasal hiçbir fark bulunmadığından, "Himalayaların el değmemiş eteklerinde yetişen ender yaban gülü *Rosa macrophylla*'nın tohum kesesinden özenle süzülen doğal C vitamini" diye pazarlanan pahalı türüne avuç dolusu para vermek de anlamsızdır. Bahsedilen ürünün gerçekten sözü edilen yerde sözü edilen çiçekten elde edildiği ve gerçekten C vitamini olduğu varsayılsa bile glukozdan tonlarla üretilen C vitamininden en ufak bir farkı yoktur.

Ama bu, vitamin haplarının, yiyeceklerdeki doğal vitaminin yerini tutacağı anlamına gelmez. Yetmiş miligramlık bir askorbik asit hapını yutmak, orta büyüklükte bir portakal yemekle alınacak C vitaminiyle aynı yararları sağlamayabilir. Meyve ve sebzelerde bulunan öteki maddeler, örneğin onlara canlı renklerini kazandıranlar, C vitamininin vücutça emilmesini kolaylaştırıyor ya da henüz bilinmeyen bir yolla etkisini artırıyor olabilir.

Günümüzde C vitamininin başlıca ticari kullanımı, oksitlenmeye ve mikroplara karşı özellikleri nedeniyle gıda koruyucuları sektöründe gerçekleşiyor. Son yıllarda gıda koruyucu maddelere kötü gözle bakılmaya başlandı. Hazır gıda paketlerinin birçoğunun üzerinde "koruyucu kullanılmamıştır" yazısı adeta bağırıyor. Gelgelelim koruyucular olmadan da yiyecek stoğumuzun çoğu, kötü tat ve kötü kokuları bir yana, yenilemez olurdu; hatta ölümümüze bile yol açabilirdi. Kimyasal koruyucuların kaybı, yiyecek stoğumuz için soğutma ve dondurma olanaklarının kaybı kadar büyük bir felaket demek olurdu.

Konserveleme sürecinde meyveleri kaynar su sıcaklığında korumak mümkün olabilir, çünkü meyvelerin çoğu ölümcül *Clostridum botulinum* mikrobunun üremesine izin vermeyecek kadar asit içerir.

Asit içeriği daha düşük olan sebzeler ve etse, bu yaygın mikroorganizmayı öldürmek için daha yüksek sıcaklıklarda işlem görmelidir. Askorbik asit genelde ev konserveciliğinde meyvenin kararmasını önlemek için antioksidan olarak kullanılır. O da asitlik derecesini yükselterek, aynı mikrobun salgıladığı toksinle gıda zehirlenmesi demek olan "botulizm"e karşı koruma sağlar. *Clostridum botulinum* insan vücudu içinde yaşayamaz. Tehlikeli olan, bu bakterinin gereği gibi yapılmamış konservelerde ürettiği toksindir. Çok küçük miktarlarda deri altına enjekte edilen toksin, sinirlerdeki titreşimleri engelleyerek kasların felç olmasına yol açar. Sonuç, kırışıklıkların geçici olarak kalkması, yani giderek popülerleşen botoks uygulamasıdır.

Kimyacıların birçok toksik kimyasal sentezlemiş olmalarına karşılık, en ölümcüllerini üreten doğadır. *Clostridum botulinum*'un ürettiği Botulinum A toksini bilinen en ölümcül zehirdir ve insan yapımı en ölümcül toksin olan dioksinden bir milyon kat daha öldürücüdür. Botulinum A toksini için bir denek topluluğunun yüzde ellisini öldürecek olan ölümcül doz (kısaca $ÖD_{50}$), kilogram başına 3×10^{-8} miligramdır. Daha açık bir ifadeyle, bir insanın her kilosu başına 0,00000003 miligram botulinum A toksini öldürücüdür. Buna karşılık dioksin için $ÖD_{50}$ 3×10^{-2} miligram, yani vücut ağırlığının her kilosu başına 0,03 miligramdır. Botulinum A'nın yalnızca bir onsunun (28,4 gram) 100 milyon insanı öldürebileceği tahmin ediliyor. Bu rakamlar bizi muhtemelen gıda koruyucu maddeler konusundaki tutumumuzu yeniden gözden geçirmeye yöneltecektir.

BUZ ÜZERİNDE İSKORBÜT

Yirminci yüzyılın başlarında birkaç Antarktika kâşifi, hâlâ iskorbütün nedeni olarak bozulmuş hazır yiyecekleri, kanda asit fazlalığını ve bakteriyel enfeksiyonları gören teorileri destekliyorlardı. Zorunlu limon suyunun İngiliz Donanması'nda 1800'lerin başlarından itibaren iskorbütü neredeyse tümüyle ortadan kaldırmasına, kutup bölgelerinde fokların C vitaminince zengin taze et, beyin, yürek ve böbreklerini yiyen Eskimoların hiç iskorbüte yakalanmadıklarını ortaya koyan gözlemlere ve birçok kâşifin iskorbüte karşı önlem

olarak günlük diyete mümkün olduğunca taze gıda eklemesine karşın, İngiliz Donanma subaylarından Robert Falcon Scott iskorbütün bozulmuş etten kaynaklandığı inancından vazgeçmemişti. Buna karşılık Norveçli kâşif Roald Amundsen iskorbüt tehdidini ciddiye almış ve başarılı Güney Kutbu seferini taze fok ve köpek etinden oluşan bir diyete dayandırmıştı. 1911'de Güney Kutbu'na yaptığı ve ikinci kez başarıyla sonuçlandırdığı yaklaşık 2.250 kilometrelik seferinde ekibi kaza ve hastalık yüzü görmemişti. Scott'un ekibiyse o kadar şanslı değildi. 1912 Ocağında Güney Kutbu'na ulaştıktan sonra dönüş yolculuğunda hava koşulları (şimdi o kışın Antarktika'nın uzun yıllardır gördüğü en kötü kış olduğu düşünülüyor) ekibi yavaşlatmıştı. Aylarca taze gıda ve C vitamininden yoksun bir beslenmenin ortaya çıkardığı iskorbüt belirtileri, çabalarını büyük ölçüde baltalamış olabilir. Bir yakıt ve yiyecek deposuna yalnızca 17 kilometre kala, mürettebat daha fazla devam edebilecek gücü bulamamıştı. Oysa yalnızca birkaç miligramlık askorbik asit dünyalarını değiştirebilirdi.

Askorbik asidin değeri daha önce anlaşılmış olsaydı bugünkü dünyamız da çok farklı bir yer olabilirdi. Sağlıklı bir mürettebatla Macellan, Filipinler'de mola vermek gereğini duymayabilirdi. Yola devam edip Baharat Adaları karanfil ticaretini İspanya'nın kontrolüne sokabilir, Sevilla'ya muzaffer bir şekilde dönerek dünyanın çevresini ilk kez dolanan birinin hak edeceği şan ve şöhretin meyvelerini yiyebilirdi. Hintcevizi ve karanfil pazarlarının İspanyol tekeline girmesi Hollanda Doğu Hindistan Şirketi'nin kurulmasını engelleyebilir ve günümüz Endonezya'sını daha farklı kılabilirdi. Eğer böyle uzun yolculuklara cesaret eden ilk Avrupalılar olan Portekizliler askorbik asidin sırrını öğrenmiş olsalardı, Pasifik Okyanusu'nu James Cook'tan yüzyıllar önce keşfetmiş olabilirlerdi. Belki de bugün Fiji ve Hawaii'de Portekizce konuşulur ve gerek bu adalar gerekse Brezilya geniş bir Portekiz İmparatorluğu'nun uzak sömürgeleri olurdu. Belki büyük Hollandalı denizci Abel Janszoon Tasman, iskorbütü önleme yöntemleri sayesinde 1642 ve 1644 yıllarında yaptığı seferlerde "Nova Hollandia" (Avustralya) ve Staten Land (Yeni Zelanda) diye bilinen topraklara ayak basabilir ve buralarda Hollan-

da egemenliğini ilan edebilirdi. Güney Pasifik'e daha sonra gelen İngilizler çok daha küçük bir imparatorluğa ve dünya üzerinde çok daha az bir nüfuza sahip olurlardı. Bu gibi spekülasyonlar bizi askorbik asidin dünya tarihinde –ve coğrafyasında– çok önemli bir yeri olduğu sonucuna götürüyor.

3

GLUKOZ

ÜNLÜ BİR İNGİLİZ çocuk şarkısında, kız çocuklarının "baharat ve şekerden, tüm güzel şeylerden" yapıldığı söylenir. Bu, elmalı turta ve tarçınlı kurabiye gibi damak okşayıcı ikramlarda beğeniyle karşıladığımız bir birleşimdir. Ama şeker de bir zamanlar baharat gibi ancak zengin sofralarına mahsus bir lükstü; et ve balık yemeklerinde, bugün tatlı değil de lezzetli diyebileceğimiz soslarda kullanılan bir malzemeydi. Ve baharat molekülleri gibi, şeker molekülü de –Sanayi Devrimi'ni başlatarak ve dünyanın her yerinde ticaret ve kültürleri değiştirerek– ülkelerin ve kıtaların kaderini etkiledi.

Glukoz, sükrozun yani şeker dediğimizde kastettiğimiz maddenin önemli bir bileşenidir. Şeker, kaynağıyla ilgili isimler alır: kamış şekeri, pancar şekeri, mısır şekeri gibi. Ayrıca birçok çeşidi de vardır: kahverengi şeker, beyaz şeker, esmer şeker (İngiltere'de demerara da denen, kahve ve çayla kullanılan iri kristalli sarı-kahve renkli şeker), ince şeker, ham şeker vb. Tüm bu türlerde bulunan glukoz hayli küçük bir moleküldür; yalnızca 6 karbon, 6 oksijen ve 12 hidrojen atomundan oluşur – yani toplamda hintcevizi ve karanfile tatlarını veren moleküllerdekilerle aynı sayıda atomdan. Ama tıpkı bu baharat moleküllerinde olduğu gibi, glukozun (ve diğer şekerlerin) tadını belirleyen, atomların moleküldeki yerleridir.

Şeker birçok bitkiden çıkarılabilir; tropikal bölgelerde genellikle şekerkamışından, ılıman bölgelerdeyse şekerpancarından elde edilir. Şekerkamışının (*Saccharum officinarum*) kaynağı kimine göre Güney Pasifik, kimine göre de Hindistan'ın güneyidir. Şekerkamışı

ekimi Asya'dan Ortadoğu'ya, oradan da Afrika'ya ve İspanya'ya yayılmıştır. Kamıştan elde edilen kristal halindeki şeker, on üçüncü yüzyılda ülkelerine dönen ilk Haçlılar tarafından Avrupa'ya getirilmişti. İzleyen üç yüzyıl boyunca, baharat gibi muamele gören egzotik bir malzeme olarak kaldı. Tıpkı hızla gelişmekte olan baharat ticareti gibi, şeker ticaretinin de merkezi ilk başta Venedik'ti. Şeker, tıbbı tedavilerde kullanılan başka malzemelerin genellikle mide bulandırıcı tatlarını maskelemek için, ilaçlarda bir bağ aracı olarak ya da kendi başına ilaç olarak kullanılıyordu.

On beşinci yüzyıla gelindiğinde şeker Avrupa'da daha bol bulunuyordu ama hâlâ pahalıydı. Şeker talebindeki artış ve fiyatların düşmesi, daha önce Avrupa'da ve dünyanın geri kalanında temel tatlandırma aracı olan balın üretimindeki azalmayla aynı zamana denk geldi. On altıncı yüzyılda şeker artık hızla kitlelerin tatlandırıcı seçeneği haline geliyordu. On yedinci ve on sekizinci yüzyıllarda meyvenin şekerle korunması yönteminin keşfi ve reçel, jöle ve marmelatların yapılmaya başlamasıyla şeker daha da popüler hale geldi. 1700 yılında İngiltere'de adam başına yıllık şeker tüketimi 1,8 kiloyken, 1780'de bu miktar 4,5 kiloya, 1790'daysa –çoğu birdenbire popüler olan çay ve kahve gibi içeceklerle çikolatada kullanılmak üzere– 7,25 kiloya çıkmıştı. Şeker ayrıca şurupla kaplı kuruyemiş, marzipan (şeker ya da bal ve badem ezmesiyle yapılan, hayvan ya da meyve şekli verilmiş tatlı ya da bonbon), pasta ve şekerleme gibi ikramlarda da kullanılıyordu. Artık bir temel tüketim maddesi, lüks olmaktan çıkıp bir gereksinim haline gelmişti. Şeker tüketimi yirminci yüzyıl boyunca da düzenli artış gösterdi.

1900 ve 1964 yılları arasında dünya şeker üretimi yüzde 700 arttı ve birçok gelişmiş ülkede kişi başına yıllık tüketimi 45 kiloya kadar yükseldi. Son yıllardaysa yapay tatlandırıcı kullanımının artması ve yüksek kalorili diyetlerin çekinilen etkileri nedeniyle bir miktar azalma gösterdi.

KÖLELİK VE ŞEKER TARIMI

Şekere talep olmasaydı dünyamız bugün herhalde çok farklı olurdu. Çünkü köle ticaretini besleyen, milyonlarca siyah Afrikalıyı Yeni

Dünya'ya getiren şekerdi ve on sekizinci yüzyılın başından itibaren Avrupa'da ekonomik büyümenin hızlanmasına yardımcı olan da şeker ticaretinden sağlanan kârlardı. Yeni Dünya'nın ilk kâşifleri, şeker üretimi için ideal tropikal arazilere dair raporlarla döndüler. Ortadoğu'nun şeker tekelinden kurtulmak isteyen Avrupalıların önce Brezilya daha sonra da Batı Hint Adaları'nda şeker bitkileri yetiştirmeye başlamaları fazla uzun sürmedi. Şekerkamışı tarımı emek yoğun bir ekonomik faaliyettir. Gelgelelim, iki olası işçi kaynağı –Yeni Dünya'nın zaten fatihlerin beraberlerinde getirdikleri çiçek, kızamık ve sıtma gibi hastalıklarla kırılmış olan yerli nüfusu ve Amerika'ya göç masrafları karşılığında yıllarca boğaz tokluğuna çalışmayı kabul eden Avrupalı işçiler– gereken işgücünün ufak kesirlerini bile karşılayabilecek sayılardan uzaktı. Yeni Dünya'nın sömürgecileri gözlerini Afrika'ya çevirdiler.

Bu zamana kadar Batı Afrika'dan köle ticareti, Akdeniz çevresinde Faslı ve Berberilerin yürüttüğü Sahra-ötesi ticaretin bir uzantısı olarak Portekiz ve İspanya'nın iç pazarlarıyla sınırlıydı. Ancak, Yeni Dünya'nın işçi gereksinimi, o zamana kadar küçük çaplı bir uygulama olan köle ticaretinde bir patlamaya yol açtı. Şeker tarımından büyük servetler kazanma imkânı, İngiltere, Fransa, Hollanda, Prusya, Danimarka, İsveç ve daha sonra da Brezilya ve ABD'nin milyonlarca Afrikalıyı evlerinden koparıp Yeni Dünya'ya taşıyan bir sistemin parçaları olmalarına yetti. Şeker köle emeğine dayanan tek ürün değildi, ama muhtemelen en önemlisiydi. Bazı tahminlere göre Yeni Dünya'daki Afrikalı kölelerin üçte ikisi şekerkamışı plantasyonlarında çalıştırılıyordu.

Batı Hint Adaları'ndan Avrupa'ya ilk köle ürünü şeker sevkiyatı 1515 yılında –Kristof Kolomb'un bölgeye ikinci seferinde Hispaniola adasına şekerkamışını sokmasından yalnızca 22 yıl sonra– yapıldı. On altıncı yüzyılın ortasında Brezilya, Meksika ve birçok Karayip adasındaki İspanyol ve Portekiz yerleşimleri şeker üretiyordu. Afrika'dan bu plantasyonlara yılda gönderilen köle sayısı on bini buluyordu. Ardından, on yedinci yüzyılda Batı Hint Adaları'ndaki İngiliz, Fransız ve Hollandalı sömürgeciler de şekerkamışı yetiştirmeye başladılar. Şeker için hızla büyüyen talep, gelişen şeker işleme teknolojisi ve şeker rafinasyonunun yan ürünlerinden rom adlı

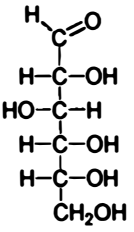
yeni bir alkollü içeceğin yapılması, Afrika'dan şekerkamışı tarlalarında çalışmak üzere gönderilen insan sayısında patlama şeklinde artışları tetikledi.

Afrika'nın batı kıyısından yelkenli gemilere doldurulup daha sonra Yeni Dünya'da satılan kölelerin tam sayısını belirlemek mümkün değil. Kayıtlar eksik olduğu gibi, geç de olsa bu nakliye gemilerindeki koşulları, taşınan köle sayılarına kısıtlamalar getirerek biraz olsun düzeltmeyi hedefleyen yasaların çevresinden dolanmak için büyük olasılıkla hileliydi de. 1820'lerde bile Brezilya köle gemilerinde beş yüzden fazla köle yalnızca 85 metrekare genişliğinde ve 1 metre yüksekliğindeki yerlere balık istifi gibi dolduruluyordu. Bazı tarihçiler üç buçuk yüzyıl süren köle ticareti boyunca Afrika'dan Amerika'ya 50 milyonun üzerinde Afrikalının taşınmış olduğunu hesaplıyorlar. Üstelik bu sayıya köle avı baskınlarında ya da kıtanın içlerinden kıyılara götürülürken veya "orta aşama" (*middle passage*) denen deniz yolculuğunun korkunç koşullarına dayanamayıp ölenlerin sayısı dahil değil.

"Orta aşama", Büyük Halka diye adlandırılan ticaret üçgeninin ikinci ayağıydı. Üçgenin birinci ayağı Avrupa'dan Afrika'nın kıyısına, özellikle de Gine'nin batı kıyısına kölelere karşılık olarak verilecek mamul maddeleri getirmek için yapılan yolculuktu. Üçüncü ayak ise Yeni Dünya'dan Avrupa'ya geri dönüştü. O noktaya gelindiğinde köle gemileri insanlardan oluşan "yüklerini", madenlerden çıkarılan cevherler ve genelde rom, pamuk ve tütün olmak üzere plantasyonlardan alınan ürünlerle takas etmiş oluyorlardı. Üçgenin her ayağı son derece kârlıydı, özellikle de İngiltere için. On sekizinci yüzyılın sonunda İngiltere'nin Batı Hint Adaları ticaretinden elde ettiği gelir, dünyanın geri kalanıyla olan ticaretinin gelirinden kat kat fazlaydı. Aslında şeker ve şeker ürünleri, on sekizinci yüzyılın sonlarıyla on dokuzuncu yüzyılın başlarında önce İngiltere ardından da Fransa'da Sanayi Devrimi'ni başlatacak olan muazzam sermaye birikimi ve hızlı ekonomik büyümenin kaynağıydı.

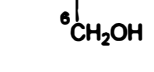
TATLI KİMYA

Glukoz, Latince şeker demek olan *saccharum* sözcüğünden türetilerek monosakkaritler de denen basit şekerlerin en yaygın olanıdır. *Mono* öntakısı tek birime işaret eder; iki birimli olanlara disakkaritler, çok birimlilere de polisakkaritler denir. Glukozun yapısı aşağıdaki gibi düz bir zincir,



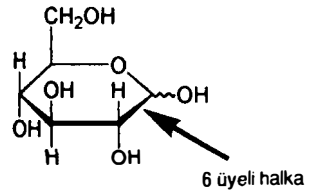
Glukoz

ya da bu zincirin, her dik ve yatay çizginin kesiştiği noktanın bir karbon atomunu temsil ettiği uyarlanmış hali şeklinde çizilebilir. Detaylarına girmeyeceğimiz bir dizi şablonda karbon atomlarına, bir numara en yukarıda olacak şekilde sıra numaraları verilir. Bu, 1891 yılında glukozun ve birtakım başka şekerlerin yapılarını bulan Alman kimyacı Emil Fischer'in adıyla Fischer projeksiyon formülü diye bilinir. O zamanki bilimsel araç ve tekniklerin çok ilkel olmasına karşın, Fischer'in vardığı sonuçlar bugün bile kimyasal mantığın en güzel örneklerinden sayılıyor. Nitekim Fischer'e şeker üzerine yaptığı çalışmalar nedeniyle 1902 Nobel Kimya Ödülü verildi.

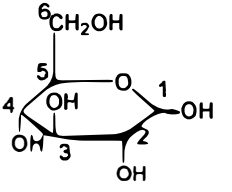


Glukoz için karbon zincirinin numaralanmasını gösteren Fischer projeksiyon formülü

Glukoz gibi şekerlerin yapısını hâlâ bu biçimde çizebilsek de, artık biliyoruz ki normal olarak daha farklı, halka biçimli bir yapıya sahipler. Bu halkalı yapıların çizimlerine, C vitamini ile karbonhidratların yapıları üzerindeki çalışmaları (bkz. 2. Bölüm) 1937 Nobel Ödülü ile taçlandırılan İngiliz kimyacı Norman Haworth'un adıyla Haworth formülleri deniyor. Glukozun altı üyeli halkası, beş karbon atomuyla bir oksijen atomundan oluşuyor. Alttaki Haworth formülü de, numaralanmış her karbon atomunun daha önceki Fischer projeksiyon formülünde hangi karbon atomuna karşılık geldiğini gösteriyor.

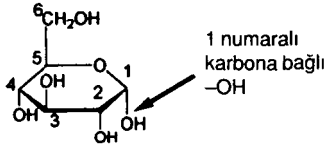


Glukozun tüm hidrojen atomlarını gösteren Haworth formülü

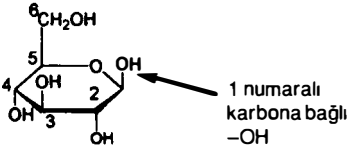


Glukozun tüm H atomlarını göstermeyen ama karbon atomlarını numaralarıyla gösteren Haworth formülü

Aslında halka biçimindeki glukozun, 1 numaralı karbona bağlı OH'nin halkanın üstünde mi altında mı olduğuna bağlı olarak iki türü bulunur. Bu çok önemsiz bir özellik gibi görünebilir; ama glukoz birimleri içeren daha komplike moleküllerin (mesela karmaşık karbonhidratların) yapıları açısından çok önemli sonuçları olduğu için belirtmekte yarar var. Eğer 1 numaralı karbon atomuna bağlı OH halkanın altındaysa, buna alfa (α)-glukoz, halkanın üzerindeyse beta (ß)-glukoz denir.

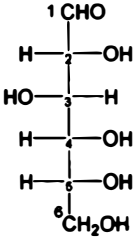


α-glukoz

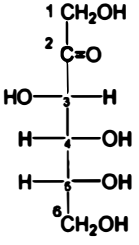


ß-glukoz

Şeker'den söz ettiğimizde aslında kastettiğimiz sükrozdur (sakkaroz da denir). Sükroz bir disakarittir çünkü iki basit monosakkarit birimden, bir glukoz ve bir de fruktozdan oluşur. Fruktoz yani meyve şekeri, glukozla aynı formüle ($C_6H_{12}O_6$) sahiptir; ama fruktozun yapısı farklıdır, atomları değişik bir biçimde sıralanmıştır. Kimya terimleriyle ifade edilirse, fruktoz ve glukoz *izomer*'dir. İzomerler aynı kimyasal formüle sahip ama atomlarının sıralaması farklı olan bileşiklerdir.



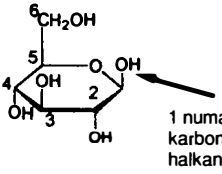
Glukoz



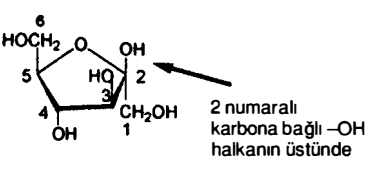
Fruktoz

Glukoz ve fruktozun 1 ve 2 numaralı karbonlarına bağlı hidrojen ve oksijen atomlarının farklı sıralanışını gösteren Fischer projeksiyon formülleri. Fruktozun 2 numaralı karbonunda H atomu bulunmaz.

Fruktoz genellikle halkalı yapıdadır, ama aşağıda Haworth formülüyle gösterildiği gibi, beş üyeli bir halka oluşturduğu için altı üyeli glukoz halkasından biraz farklı görünür. Glukozda olduğu gibi fruktozun da α ve ß biçimleri vardır; ama fruktozda halkadaki oksijene 2 numaralı karbon bağlandığı için bu karbon atomuna bağlı olan OH alttaysa buna fruktozun α biçimi, üstteyse ß biçimi deriz.

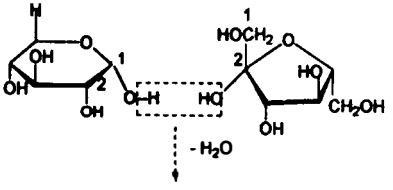


ß-glukoz için Haworth formülü

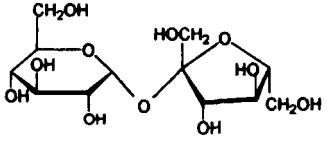


ß-fruktoz için Haworth formülü

Sükroz eşit miktarlarda glukoz ve fruktoz içerir, ama iki farklı molekülün karışımı biçiminde değil. Sükroz molekülünde bir glukoz ve bir fruktoz, α-glukozun 1 numaralı karbonuna bağlı OH ile ß-fruktozun 2 numaralı karbonuna bağlı OH arasında bir su molekülünün (H_2O) oluşmasıyla birbirine bağlanır.



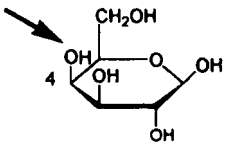
Glukoz ve fruktoz arasında bir su molekülünün meydana gelmesi sükrozu oluşturur. Bu çizimlerde fruktoz molekülü 180° döndürülmüş ve ters çevrilmiştir.



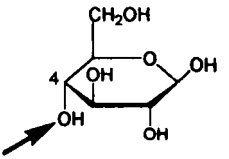
Sükroz molekülünün yapısı

Fruktoz genelde meyve şekeri olmasına karşın balda da yüzde 38 oranında bulunur (balda ayrıca yüzde 31 oranında glukoz, yüzde 10 oranında sükroz ve başka şekerler bulunur. Geri kalanı ise büyük ölçüde sudur.) Fruktoz, sükrozdan da glukozdan da daha tatlıdır; dolayısıyla bal da fruktoz içeriği nedeniyle şekerden tatlıdır. Akçaağaç şurubundaysa (*maple syrup*) yüzde 62 oranında sükroza karşılık her biri yüzde 1 oranında fruktoz ve glukoz bulunur.

Süt şekeri de denen laktoz, bir birim glukoz ve bir birim de başka bir monosakkarit olan galaktozdan meydana gelen bir disakkarittir. Galaktoz glukozun bir izomeri olup aralarındaki tek fark, 4 numaralı karbona bağlı OH grubunun galaktozda halkanın üzerinde, glukozdaysa altında olmasıdır.

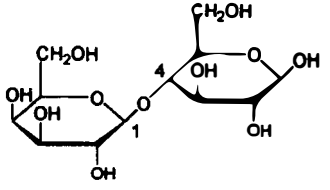


β-galaktoz



β-glukoz

4 numaralı karbona bağlı OH grubunun halkanın üstünde olduğu β-galaktoz ile 4 numaralı karbona bağlı OH'nin altta olduğu β-glukoz. Bu iki molekül birleşerek laktozu meydana getirir.



Laktoz molekülünün yapısı

Soldaki galaktozun 1 numaralı karbonu, sağdaki glukozun 4 numaralı karbonuna bağlanmış.

Bir OH grubunun halkanın üzerinde mi altında mı yer aldığı yine önemsiz bir fark gibi görünebilir; ama laktoz duyarlılığı olanlar için bu ayrıntı önemlidir. Laktoz ve öteki disakkaritleri ya da daha da büyük şekerleri hazmedebilmek için bu karmaşık molekülleri basit monosakkaritlere ayıracak enzimlere gereksinim duyarız. Laktoz örneğinde, bu molekülü parçalayacak olan enzim *laktaz*'dır ve bazı yetişkinlerde ancak küçük miktarlarda bulunur. (Çocuklar büyüklere kıyasla daha büyük miktarlarda laktaz üretirler.) Yetersiz laktaz miktarı süt ve süt ürünlerinin hazmını güçleştirir ve laktoz duyarlılığıyla ilintili, karnın şişmesi, kramplar ve ishal gibi belirtileri ortaya çıkarır. Laktoz duyarlılığı kalıtımsal bir özelliktir ve laktaz enziminin her yerde bulunan preparatlarıyla kolayca tedavi edilir. Bazı Afrika kabileleri gibi belirli etnik grupların yetişkin ve çocuklarında (bebeklerinde değil) laktaz hiç bulunmaz. Bu gibi kimseler için, gıda yardımı programlarında sıklıkla yer alan süt tozu ve süt ürünleri hazmedilemez niteliktedir ve çoğu kez de zararlıdır.

Normal ve sağlıklı bir memelinin beyni, yakıt olarak yalnızca glukoz kullanır. Beyinde kendine özel yakıt kaynakları ya da bir depo olmadığından, beyin hücreleri yaşamak için her dakika kan dolaşım sistemiyle gelecek oksijen ve besinlere bağımlıdır. Kandaki glukoz düzeyi normaldekinin yüzde 50'sine düşecek olsa, beyinde bazı işlevsizliklerin belirtileri ortaya çıkar; yüzde 25'ine düşmesi halindeyse (mesela kandaki glukoz seviyesini düzenleyen hormon olan insülinin aşırı dozu nedeniyle olabilir bu) komaya girilebilir.

TATLI TAT

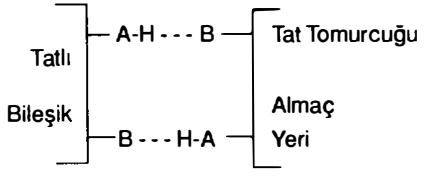
Tüm bu şekerleri çekici yapan, tatlarının tatlı olması ve insanların da tatlıyı sevmeleridir. Tatlı dört temel tattan biridir; öteki üçüyse ekşi, acı ve tuzludur. Bu tatlar arasındaki farkı hissedebilme yeteneği önemli bir evrimsel adımdır. Tatlılık genellikle "yenebilir" mesajı verir. Tatlı bir tat meyvenin olgunlaşmış olduğuna işaret ederken, ekşilik bize hâlâ bir sürü asidin varlığını, ham meyveyi yiyecek olursak midemizin ağrıyacağını söyler. Bitkilerde acı bir tat, genelde alkaloid denen bir tür bileşiğin varlığına işaret eder. Alkaloidler çoğu kez zehirlidir ve bazen zehir çok küçük miktarlarda bulunduğundan, bir bitkide alkaloid izlerini tanıyabilmek önemli bir avantajdır. Hatta dinozorların yok olmasının nedeni olarak, Kretase döneminin sonlarında (dinozorların ortadan kaybolduğu zamanlarda) evrimleşmiş çiçekli bitkilerde bulunan zehirli alkaloidleri fark etme yeteneklerinin olmamasını ileri sürenler de olmuş, ama bu teori yaygın bir kabul görmemiştir.

Görünüşe göre insanlarda acıya karşı doğuştan gelen bir düşkünlük yoktur. Aslına bakılırsa seçimleri tam tersi yöndedir. Acı, fazladan tükürük salgılanması biçiminde bir tepkiyi tetikler. Bu, ağızda zehirli bir şeye karşı yararlı bir tepkidir; istenmeyen maddenin mümkün olduğunca tam olarak tükürülmesine olanak sağlar. Birçok kimseyse, acı tadı kabullenmeyi, hatta sevmeyi zamanla öğrenir. Çay ve kahvedeki kafein ve tonikteki kinin bunun örneğidir; ama yine de pek çoğumuz bu içeceklerde şeker de olmasını tercih ederiz. Günlük ilişkilerimizde sık sık deneyimlediğimiz sevinçle karışık üzüntü anlamına gelen "acı-tatlı" deyimi de, acı tatlar karşı-

sında düştüğümüz ikilemi yansıtan bir örnektir.

Tat duyumuz, genelde dilde toplanmış olan tat tomurcuklarında bulunur. Dilin her bölgesi her tadı aynı biçimde ya da aynı düzeyde hissetmez. Dilin ön ucu en çok tatlılığa duyarlıyken, ekşilik en çok dilin arka-yan taraflarıyla algılanır. Tatlı bir çözeltiyi önce dilinizin yan tarafına, ardından ucuna değdirerek bunu kendiniz de deneyebilirsiniz. Dil ucu tatlı duyusunu kesinlikle daha güçlü hissedecektir. Aynı şeyi limon suyuyla deneyecek olursanız, sonuç daha da belirgin olacaktır. Limon suyu dilinizin ucuna fazla ekşi gelmez; ama yeni kesilmiş bir dilim limonu dilinizin yanına değdirdiğinizde, ekşiliği en iyi algılayan alanın neresi olduğunu keşfedersiniz. Deneye devam edebilirsiniz: Acılık en çok dil ucunun gerisinde orta kesimde, tuzluluksa dil ucunun her iki tarafında belirgindir.

Köle ticareti zamanında olduğu gibi, hâlâ büyük paralar getirdiğinden tatlılık, öteki tatlardan çok daha fazla araştırmaya konu olmuştur. Kimyasal yapıyla tatlılık arasındaki ilişki karmaşıktır. A-H, B Modeli diye bilinen basit bir model, tatlı tadın bir molekül içindeki bir grup atomun diziliş şekline bağlı olduğuna işaret eder. Çizimde A ve B diye gösterilen bu atomların özel bir geometrisi vardır; bu geometri sayesinde B atomu A atomuna bağlı hidrojen atomuna doğru çekilir. Bu da tatlı molekülün bir tat almacındaki protein molekülüne kısa süreliğine bağlanmasını ve beyne (sinirler aracılığıyla iletilen) "Bu tatlı bir şey" mesajı gönderilmesini sağlar. A ve B genellikle oksijen ve nitrojen atomlarıdır; ama bazen bir tanesi kükürt atomu da olabilir.

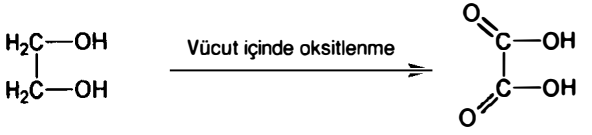


Tatlılığın A-H, B modeli

Şekerin dışında da birçok tatlı bileşik vardır, ama hepsi yenmez. Örneğin etilen glikol, araba radyatörlerinde kullanılan antifrizin ana maddesidir. Etilen glikol molekülünün kolay erimesi ve esnekliği,

ayrıca oksijen atomlarının arasındaki (şekerlerdeki oksijen atomları arasındakine benzer) uzaklık, tatlı tadını sağlayan etmenlerdir. Ne var ki bu madde son derece zehirlidir. Bir çorba kaşığı kadarlık bir dozu bile insanlar ve ev hayvanları için öldürücü olabilir.

İlginç olansa, zehir etkisini gösterenin etilen glikol değil, vücudun onu dönüştürdüğü madde olmasıdır. Etilen glikolün vücuttaki enzimlerle oksitlenmesi oksalik asidi üretir.

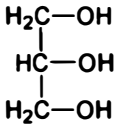


Etilen glikol *Oksalik asit*

Oksalik asit ıspanak ve yaylamuzu* gibi yediğimiz birtakım bitkilerde doğal olarak bulunur. Bu yiyecekleri büyük miktarlarda tüketmeyiz ve böbreklerimiz de bu kaynaklardan gelen eser miktardaki oksalik asitle başa çıkabilir. Ama oksalik asit aniden büyük miktarda alınırsa böbreklere zarar verir ve ölüme yol açabilir. Aynı öğünde ıspanak ve yaylamuzu yeseniz bile bir şey olmaz. Eğer böbrekleriniz taş üretmeye yatkın değilse, zaten kendinize zarar verecek kadar ıspanak ve yaylamuzu tüketemezsiniz. Böbrek taşları temel olarak kalsiyum oksalattan, yani oksalik asidin çözünmeyen kalsiyum tuzundan oluşur. Böbrekleri taş üretmeye yatkın olanlara, oksalat oranı yüksek yiyeceklerden uzak durmaları önerilir. Geri kalanımızın yapacağı en iyi şeyse aşırıya kaçmamaktır.

Etilen glikole çok benzeyen bir yapıya sahip ve yine tatlı olan bir bileşik de gliseroldür; ama gliserolün makul miktarlarda tüketilmesinin bir zararı yoktur. Ağdalı kıvamı ve suda kolayca çözünmesi nedeniyle birçok hazır gıdada katkı maddesi olarak kullanılır. *Katkı maddesi* sözleri son yıllarda medyada pek olumlu anılmıyor ve bunların genelde organik ve doğal olmadıkları, sağlığa zararlı oldukları ima ediliyor. Oysa gliserol pekâlâ organik, zehirli olmayan ve şarap gibi ürünlerde doğal olarak bulunan bir maddedir.

* İngilizlerin *rhubarb* dediği, Türkçede "ravent" diye de geçen, görünümü kerevize benzeyen bir bitki. –*ç.n.*



Gliserol

Şarabı kadeh içinde şöyle bir döndürdüğünüzde cam üzerinde oluşan izlerin nedeni, yıllanmış iyi şarapların kıvamını ve yumuşaklığını artıran gliseroldür.

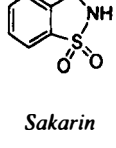
TATLI YOKLUK

Şeker olmadığı halde tatlı olan birçok madde vardır ve bunlardan bazıları milyar dolarlık yapay tatlandırıcı endüstrisinin temelini oluşturur. Bir şekilde şekerlerin geometrisini taklit ederek tatlılık almacına uyup tutunmasını sağlayan bir kimyasal yapıya sahip olmanın dışında, yapay bir tatlandırıcının ayrıca suda çözünebilmesi, toksik olmaması ve insan vücudunda metabolize edilememesi gerekir. Bu maddeler genelde şekerden yüzlerce kat daha tatlıdır.

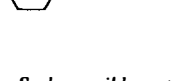
Modern yapay tatlandırıcılardan ilk geliştirileni sakarindi. Sakarin pudramsı bir tozdur. Onunla çalışanlar bazen ellerini kazara ağızlarına değdirdiklerinde tatlı bir tat hissederler. O kadar tatlıdır ki, çok küçük bir miktarı bile tatlılık tepkisini tetikler. 1879 yılında ABD'nin Baltimore kentindeki Johns Hopkins Üniversitesi'nde bir öğrencinin, yediği ekmekte olağandışı bir tatlılık hissetmesinin sebebi de muhtemelen buydu. Laboratuvardaki tezgâhına dönen öğrenci, o yıllarda yeni moleküllerle çalışırken âdetten olduğu gibi, gün içinde yaptığı deneylerde kullandığı malzemeleri teker teker tatmaya başladı ve sakarinin olağanüstü tatlı bir madde olduğunu keşfetti.

Sakarinin bir kalori değeri yoktur; dolayısıyla tatlılığın varlığı ve kalorinin yokluğunun oluşturduğu bu tezatlı birlikteliğin ticari olarak değerlendirilmesi fazla gecikmedi (1885). Aslında diyabet hastalarının diyetinde şekerin yerini alması için geliştirilen sakarin hızla toplumun genelinde de bir şeker alternatifi olarak kabul gördü.

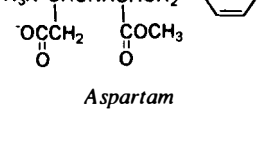
Olası bir toksiklikten duyulan endişe ve ağızda bıraktığı metalik tat, siklamat ve aspartam gibi başka yapay tatlandırıcıların geliştirilmesine kapı açtı. Görebileceğiniz gibi bunların kimyasal yapıları birbirlerinden farklı, şekerlerinkindense çok daha farklıdır; ama hepsi de tatlılık için gereken atomlara, geometri ve esnekliğe sahiptir.



Sakarin



Sodyum siklamat

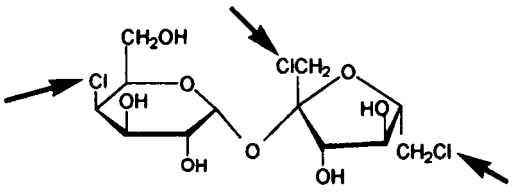


Aspartam

Yapay tatlandırıcıların hiçbiri tümüyle sorunsuz değildir. Bazıları ısıtılınca bozuldukları için yalnız soğuk içecek ve yiyeceklerde kullanılabilir; bazıları iyi erimez; bazıları da tatlılığın dışında kolayca hissedilen farklı bir tada da sahiptir. Aspartam, sentetik olmasına karşın iki doğal aminoasitten meydana gelir. Vücutça metabolize edilir, ama glukozdan iki yüz kat tatlı olduğundan yeterli bir tatlılık düzeyi sağlamak için çok daha azı gerekir. Aspartamın parçalanma ürünlerinden biri olan fenilalanin adlı aminoasidin metabolize edilememesiyle kendini gösteren ve PKU (fenilketonüri) diye adlandırılan kalıtımsal bir özelliği olan kimselere, bu tatlandırıcıdan uzak durmaları söylenir.

ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından 1998 yılında onaylanan yeni bir tatlandırıcının, yapay tatlılık yaratma meselesine yaklaşımı farklıdır. Sükraloz, iki unsur dışında sükrozunkine çok yakın bir yapıya sahiptir. Çizimin sol tarafındaki glukozun yerini, laktozdaki aynı birim olan galaktoz alır. Üç klor atomu da, bir tanesi galaktoz birimi üzerinde, öteki ikisi de sağ taraftaki fruktoz birimi üzerinde bulunan üç OH grubunun yerine geçer. Üç klor atomu bu şekerin tadını etkilemez, ama vücudun onu metabolize etmesini önler. Dolayısıyla süklaroz kalorisiz bir şekerdir.

Şimdilerde araştırmacılar, sükrozdan bin kat daha tatlı olabilen ve "yüksek etkinlikte tatlandırıcılar" diye adlandırılan bileşikler içeren bitkisel kaynaklardan şeker-dışı tatlandırıcılar elde etmeye çalışıyor. Yerli halklar tatlı bir tada sahip bitkiler hakkında yüzyıl-



Üç OH grubunun yerini alan üç Cl atomunu gösteren süklaroz yapısı

lardır bilgi sahibi. Güney Amerika'da yetişen bir bahar olan *Stevia rebaudiana*, meyankökü bitkisi *Glycyrrhiza glabra*, yerminesi ailesinin Meksika'da yetişen bir türü olan *Lippia dulcis*, Java adasının batısında yetişen bir eğreltiotu olan *Selliguea feei*'nin toprak altındaki yumru kökleri bunlara örnek olarak verilebilir. Doğal kaynaklardan elde edilen tatlı bileşiklerin ticari kullanım potansiyeline sahip olmalarına karşın, küçük derişimlerde olmaları, toksik özellikleri, suda kolay çözünememeleri, sonradan ağızda nahoş bir tat bırakmaları, (değişikliklere dirençli) kararlı yapıları ve değişken kaliteleri gibi sorunların üstesinden gelinmesi gerekiyor.

Sakarin yüz yıldan uzun bir süre kullanılmış olmasına karşın, yapay tatlandırıcı olarak kullanılan ilk madde değil. Bu özellik Roma İmparatorluğu zamanında şarapları tatlandırmak için kullanılan $Pb(C_2H_3O_2)_2$ formüllü kurşun asetata ait olsa gerek. Kurşun şekeri diye bilinen kurşun asetat, yıllanmış şarabı, bal gibi başka tatlandırıcıların eklenmesinin yol açacağı ilave fermentasyon olmaksızın tatlandırıyordu. Kurşun tozlarının tatlı olduğu bilinir ve çoğu suda çözünmez, ama hepsi de zehirlidir. Kurşun asetat ise çok kolay çözünen bir maddedir, ama belli ki toksik özelliği Romalılar tarafından bilinmiyordu. (Yiyecek ve içeceklerin katkı maddeleriyle "kirletilmediği" eski güzel günlerden dem vururken akılda tutulması gereken bir nokta.)

Romalılar ayrıca şarap ve diğer içeceklerini kurşun kaplarda saklıyor ve evlerine suyu kurşun borularla ulaştırıyorlardı. Kurşun zehirlenmesi, birikimli bir süreçtir. Sinir sistemi ve üreme sisteminin yanı sıra başka organları da etkiler. Kurşun zehirlenmesinin ilk belirtileri pek açık olmamakla birlikte, bunlar arasında huzursuz uy-

ku, iştah kaybı, sinirlilik, baş ağrıları, mide ağrıları ve kansızlık sayılabilir. Zamanla ileri derecede zihinsel dengesizliğe yol açan beyin hasarı ve felç gelişir. İmparator Neron dahil birçok Romalı liderin bu belirtileri taşıdığına dair kayıtlar, bazı tarihçileri Roma İmparatorluğu'nun çöküşünü kurşun zehirlenmesine bağlamaya götürmüştür. Yalnızca zengin ve soylu hâkim sınıflar evlerine borularla su getirtebiliyor ve şaraplarını kurşun kaplarda saklayabiliyorlardı. Sıradan vatandaşlarsa sularını kendileri taşıyor ve şaraplarını başka kaplarda muhafaza ediyorlardı. Eğer Roma İmparatorluğu'nun sonunu gerçekten kurşun zehirlenmesi getirdiyse, bu da dünyanın seyrini değiştiren kimyasal maddelere bir örnek daha teşkil eder.

•

Şeker –daha doğrusu onun tatlılığına duyulan arzu– insanlık tarihini biçimlendirdi. Onca Afrikalı kölenin Yeni Dünya'ya taşınmasına neden olan, Avrupa'da gelişen muazzam şeker pazarının getirdiği kârdı. Şeker olmasa çok daha küçük ölçekte bir köle ticareti olur, köleler olmadan da şeker ticaretinin çapı bu kadar büyümezdi. Köle ticaretindeki büyük artışı şeker başlattı ve şekerden gelen gelir sürdürdü. Batı Afrika ülkelerinin serveti –insan gücü– başkaları için servet yaratmak üzere Yeni Dünya'ya aktarıldı.

Köleliğin ortadan kaldırılmasından sonra bile, şekere olan talep dünyanın her yanında nüfus hareketlerini etkilemeyi sürdürdü. On dokuzuncu yüzyılın sonunda çok sayıda işçi, göç masrafları karşılığında boğaz tokluğuna şekerkamışı tarlalarında çalışmak üzere Hindistan'dan Fiji Adaları'na gitti. Sonuç olarak Pasifik'teki bu ada grubunun nüfus yapısı öylesine değişti ki, yerli Melanezyalılar çoğunluk statüsünü yitirdiler. Son yıllarda art arda üç hükümet darbesinden sonra bile Fiji hâlâ politik ve etnik karışıklıkların hâkim olduğu bir ülke olmayı sürdürüyor. Öteki tropikal ülke halklarının ırk yapısı da şekere çok şey borçlu. Günümüzde Hawaii'nin en büyük etnik grubunun atalarından birçoğu, Hawaii'deki şekerkamışı tarlalarında çalışmak üzere Japonya'dan göç etmişti.

Şeker bugün de insan toplumunu biçimlendirmeye devam ediyor. Önemli bir ticaret malzemesi olduğundan, hava koşullarındaki

oynamalar ve ürün miktarlarını düşüren tarım zararlıları gibi etkenler yalnızca şeker üreticisi ülkelerin ekonomilerini değil tüm dünyada borsa hareketlerini de etkiliyor. Şeker fiyatındaki bir artış, gıda endüstrisinde çalkantılara yol açıyor. Şeker siyasi bir araç olarak da kullanıldı. On yıllar boyunca Rusya'nın şeker ithalatı, Fidel Castro Kübasının ekonomisini ayakta tuttu.

İçtiklerimizin ve yediklerimizin büyük kısmı şeker içeriyor. Çocuklarımız şekerli abur cuburu seviyorlar. Misafir ağırladığımızda tatlı yiyecekler ikram ediyoruz. Artık eskisi gibi sade bir ekmek somununu bölmek misafirperverlik sayılmıyor. Dünya kültürlerinde bayramlar ve kutlamalar, tatlı çörekler, pastalar, kurabiyeler, şekerlemelerle özdeşleşmiş durumda. Glukoz molekülü ve izomerlerinin önceki kuşaklarınkinin kat kat üstünde olan tüketim düzeyleri, obezite, diyabet, diş çürükleri gibi sağlık sorunlarına yansıyor. Günlük yaşamımızda şeker tarafından yönlendirilmeye devam ediyoruz.

4

SELÜLOZ

HER NE KADAR ŞEKER ÜRETİMİ Amerika'yla Afrika arasındaki köle ticaretini geliştirdiyse de, onu yüzyıllar boyunca canlı tutan yalnızca şeker değildi. Avrupa pazarı için başka ürünler yetiştirilmesi de köle emeğine dayanıyordu. İngiltere'ye taşınan ham pamuk ucuz mamul madde haline getirilip Afrika'ya gönderiliyor, karşılığında da Yeni Dünya'ya, özellikle de ABD'nin güney eyaletlerine köle nakliyatı yapılıyordu. Şekerin getirdiği kâr bu ticaret üçgeninin ilk yakıtı oldu ve İngiltere'nin gelişen sanayileşmesine ilk sermayeyi sağladı. Ancak on sekizinci yüzyılın sonlarında ve on dokuzuncu yüzyılın başlarında İngiltere'nin hızlı ekonomik büyümesini başlatan pamuk ve pamuk ticaretiydi.

PAMUK VE SANAYİ DEVRİMİ

Pamuk bitkisinin meyvesi, pamuk elyafından oluşan bir yığın içinde yağlı çekirdekleri saklayan koza adlı küre biçimli bir kesedir. *Gossypium* ailesinden olan pamuk bitkilerinin tarımının beş bin yıl kadar önce Asya'da bugünkü Hindistan ve Pakistan topraklarıyla Orta ve Güney Amerika'da, Meksika ve Peru'nun bulunduğu bölgelerde yapıldığını gösteren kanıtlar vardır; buna karşılık bu bitki MÖ 300 yıllarında Büyük İskender'in seferlerine katılan askerler Hindistan'dan pamuklu giysilerle dönünceye kadar Avrupa'da bilinmiyordu. Ortaçağda Arap tacirler pamuk bitkilerini İspanya'ya getirdi-

ler. Pamuk bitkisi soğuğa karşı hassastır; nemli ama yüksek geçirgenlikte toprağa, uzun ve sıcak yaz aylarına gereksinim duyar, ki bunlar Avrupa'nın ılıman bölgelerinde bile bulunmayan koşullardır. Dolayısıyla pamuk İngiltere'ye ve öteki kuzey ülkelerine ithal edilmek zorundaydı.

İngiltere'de Lancashire bölgesi pamuk ürünleri etrafında kurulan muazzam bir sanayi kompleksinin merkezi haline geldi. Bölgenin rutubetli havası pamuk liflerini birbirine yapışık tutuyor, bu da ipliklerin eğirme ve dokuma süreçlerinde ikide bir kopmasını önlediğinden pamuk işleme sanayii için mükemmel bir avantaj oluşturuyordu. Daha kuru iklimlerdeki pamuk işleme fabrikalarının üretim maliyetleri sırf bu nedenle daha yüksek oluyordu. Ayrıca Lancashire, fabrikaların ve pamuk sanayiinde çalışması gereken binlerce işçi için barınakların inşa edilebileceği geniş alanlara, pamuğun ağartılması, boyanması ve baskı işlemleri için gerekli bol miktarda yumuşak su kaynaklarına ve buhar gücünün kullanılmaya başlamasıyla büyük önem kazanan kömür madenlerine sahipti.

1760 yılında İngiltere, bin tonun biraz üzerinde ham pamuk ithal etmişti. Bu tarihin üzerinden daha seksen yıl bile geçmeden bu miktar 140 kat arttı. Bu artışın sanayileşme üzerinde muazzam bir etkisi oldu. Ucuz pamuk ipliklerine olan talep mekanik icatları körükledi ve sonunda pamuk işleme sürecinin bütün aşamaları mekanize hale geldi. On sekizinci yüzyıl, pamuk elyafını çekirdeklerden ayırma işlemi için çırçır makinesinin, elyafı büküp lif ruloları haline getiren tarak makinelerinin, eğirilmiş lifleri iplik haline getiren makinelerin ve bu ipliklerle kumaş dokuyan mekanik tezgâh ve mekiklerin gelişmesine tanık oldu. Başta insanlarca çalıştırılan bu makinelerde kısa süre içinde hayvan ve su gücüne geçildi. James Watt tarafından buhar makinesinin icadıysa, buharın giderek temel güç kaynağı olmasını sağladı.

Pamuk ticaretinin çok büyük toplumsal sonuçları oldu. İngiltere'nin orta bölgeleri, üzerinde küçük ticaret merkezleri bulunan bir tarım alanı olmaktan çıkıp neredeyse üç yüz fabrika kenti ve köyüyle bir sanayi bölgesine dönüştü. Çalışma ve yaşama koşulları son derece kötüydü. Kesin kurallar ve sert disiplinle yönetilen fabrikalarda işçiler çok uzun mesai saatleriyle çalışmak zorundaydılar. Atlanti-

ğin öteki yakasında pamuk plantasyonlarındaki kölelikle karşılaştırılamasa bile, pamuk ticareti tozlu, gürültülü ve tehlikeli pamuk fabrikalarında çalışan binlerce işçiyi bağımlılık, sefalet ve ıstıraba mahkûm ettti. Ücretler çoğu kez fiyatları şişirilmiş mallar biçiminde ödeniyordu ve işçilere bu konuda söz hakkı tanınmıyordu. İşçi evlerinde yaşam acınacak durumdaydı. Fabrika binalarının çevrelerinde binalar, dar, karanlık, pis sular içindeki sokaklar boyunca adeta birbiri üstüne sıralanıyordu. Fabrika işçileri ve aileleri bu soğuk, rutubetli ve pis konutlara ev başına iki ya da üç aile, mahzene de bir başka aile düşecek şekilde doluşuyorlardı. Bu koşullar altında doğan çocukların yarıdan daha azı beşinci doğum günlerine kadar yaşayabiliyordu. Bazı yetkililerin canını sıkansa bu korkunç ölüm oranı değil, çocukların fabrika işine ya da herhangi bir başka işe koşulamadan ölmeleriydi. Çocuklar küçük bedenleriyle makinelerin altına girebildikleri ve küçücük parmaklarıyla kopan iplikleri düğümledikleri fabrikalarda çalışacak bir yaşa gelebildiklerinde, 12 ya da 14 saatlik günlük çalışma süresini dayakla uyanık tutularak tamamlayabiliyorlardı.

Çocukların maruz kaldığı kötü muamele ve diğer istismarlar çalışma saatlerine, çocuk çalıştırmaya, çalışma güvenliği ve işçi sağlığına düzenlemeler getirecek ve giderek günümüzün iş mevzuatına evrilecek yasalar için yaygın bir insan hakları hareketinin gelişmesine yol açtı. Koşullar birçok fabrika işçisini sendikacılık hareketinin yanı sıra sosyal ve siyasi reformları ve eğitim sisteminin düzeltilmesini amaçlayan pek çok başka harekette aktif rol almaya yöneltti. Ancak değişimin gelmesi kolay olmadı. Fabrika sahipleri ve hissedarlar büyük bir siyasi nüfuza sahipti ve iş koşullarının düzeltilmesinin getireceği maliyetin pamuk ticaretinden sağladıkları muazzam kârları azaltmasına sıcak bakmıyorlardı.

Pamuk ticaretine paralel olarak büyüyüp gelişen Manchester kentinde, yüzlerce pamuk işleme fabrikasının bacalarından yayılan dumanın oluşturduğu koyu bir bulut manzaranın daimi bir parçasıydı. Pamuktan sağlanan kâr bölgenin daha da sanayileşmesi için kullanıldı. Hammaddelerle kömürü fabrikalara, fabrika ürünlerini de yakındaki liman kenti Liverpool'a taşımak için kanallar ve demiryolları inşa edildi. Boya malzemeleri ve ağartıcı üretiminden de-

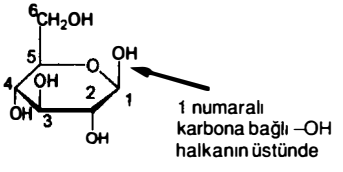
mir ve çelikle metal işlemeciliğine, cam üretiminden gemi inşasına ve demiryolu imalatına kadar uzanan devasa bir alana gereken mühendis, teknisyen, inşaatçı, kimyacı ve her daldan zanaatkâra talep arttı.

İngiltere'de 1807 yılında çıkarılan bir yasayla köle ticaretinin yasaklanmasına karşın, sanayiciler ABD'nin güneyinde kölelerce yetiştirilen pamuğu tereddütsüz ithal ettiler. ABD'nin yanı sıra Mısır ve Hindistan gibi başka pamuk üreticisi ülkelerden de ithal edilen ham pamuk 1828 ile 1873 yılları arasında İngiltere'nin en büyük ithalat kalemiydi; ama pamuk işleme sanayii, Birinci Dünya Savaşı sırasında ham pamuk arzının kesilmesiyle sıkıntıya girdi. Pamuk üreticisi ülkelerin daha modern makineler getirerek ve daha ucuz olan yerel işgücünden yararlanarak kendilerinin de önemli pamuklu kumaş üreticileri –ve tüketicileri– haline gelmeleriyle İngiltere'de bu sanayi kolu bir daha eski düzeyine ulaşamadı.

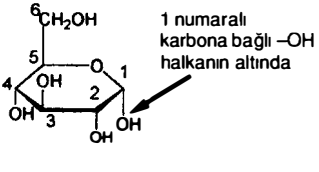
Şeker ticareti Sanayi Devrimi için başlangıç sermayesini sağlamıştı; ama on dokuzuncu yüzyıl İngilteresinin refahı pamuk talebine dayanıyordu. Pamuklu kumaşlar ucuz, çekici ve hem giyim kuşam hem de ev ihtiyaçları için idealdi. Kumaşlarda başka malzemeden liflerle sorunsuz biçimde bir araya gelebiliyor, yıkaması ve dikilmesi kolay oluyordu. Pamuk daha pahalı bir kumaş olan keteni kısa sürede geride bırakarak sıradan insanların çok büyük bir kesimince tercih edilen dokuma malzemesi haline geldi. Avrupa'da ve özellikle İngiltere'de ham pamuk talebindeki muazzam artış, Amerika'da köle sömürüsünün hızla yaygınlaşmasına yol açtı. Pamuk tarımı son derece emek yoğun bir faaliyetti. Tarımda mekanizasyon, zararlı böcek ve yaban otlarını öldüren ilaçlar çok daha sonrasının icatlarıydı; dolayısıyla da tarım plantasyonları için gereken işgücü arzı kölelerle sağlanıyordu. 1840 yılında ABD'deki köle nüfusu tahminen 1,5 milyondu. Yalnızca 20 yıl sonra ham pamuk ABD'nin toplam ihraç mallarının değerinin üçte ikisini oluştururken, köle sayısı da dört milyona ulaşmıştı.

SELÜLOZ: BİR YAPISAL POLİSAKKARİT

Öteki bitki lifleri gibi pamuk da, yüzde doksandan fazla oranda, bir glukoz polimeri ve bitki hücre zarlarının temel malzemesi olan selülozdan oluşur. *Polimer* terimi genellikle sentetik lifler ve plastikle özdeşleştirilir, ama birçok doğal polimer de vardır. Sözcük, Yunanca iki sözcüğün birleşmesinden meydana gelir: "çok" demek olan *poli* ve "parçalar" – ya da birimler – anlamına gelen *meros*. Dolayısıyla polimer de birçok birimden oluşur. Glukozun polisakkarit olarak da bilinen polimerleri, bir hücre içindeki işlevlerine göre sınıflandırılabilir. Selüloz gibi yapısal polisakkaritler, organizmaya (biçimini koruması için) destek sağlarken, depolama polisakkaritleri de glukozun bir işlev için gerektiği kadar depolanabilmesine yardımcı olurlar. Yapısal polisakkaritler ß-glukoz birimlerinden, depolama polisakkaritleri ise α-glukoz birimlerinden oluşur. 3. Bölüm' de anlatıldığı gibi ß, 1 numaralı karbona bağlı OH grubunun glukoz halkasının üzerinde olduğunu gösterir; α-glukozundaysa 1 numaralı karbondaki OH grubu halkanın altındadır.



ß-glukozun yapısı

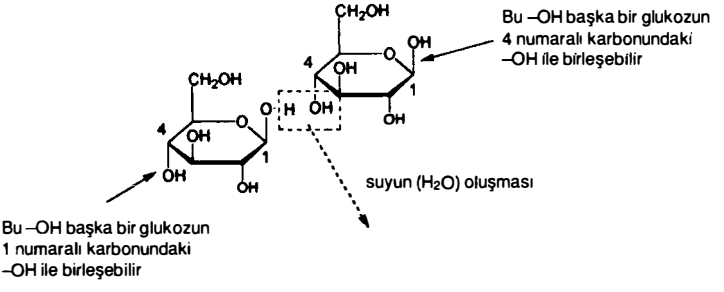


α-glukozun yapısı

α- ve ß-glukozun arasındaki fark küçük görünebilir, ama bu fark glukozun türlerinden elde edilen çeşitli polisakkaritlerin işlevleri ve rolleri arasındaki büyük farklardan sorumludur: Halkanın üzerindeyse yapıyla, altındaysa depolamayla ilgilidir. Bir molekülün yapısındaki çok küçük bir farkın bileşiğin özellikleri açısından büyük sonuçlar doğurması, kimyada karşımıza tekrar tekrar çıkan bir durumdur.

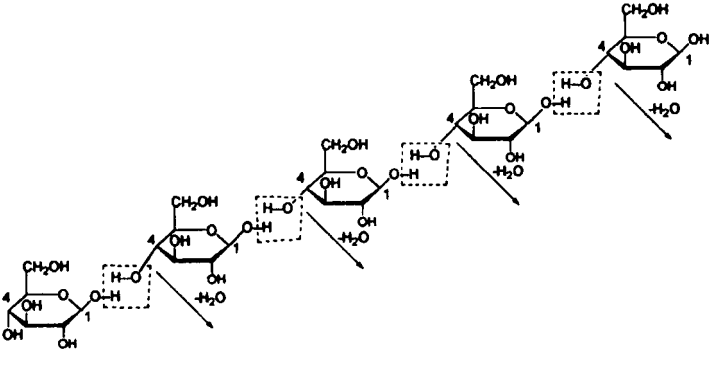
Hem yapı hem de depo polisakkaritlerinde glukoz molekülleri, moleküllerden birinin üzerindeki 1 numaralı karbon atomuyla, biti-

şiğindeki moleküldeki 4 numaralı karbon atomu arasında kurulan bağla birleşir. Bu bağlanma, glukoz moleküllerinden birindeki H ile ötekindeki OH'nin birleşmesiyle oluşan su molekülünün aradan çıkmasıyla gerçekleşir. Sürece yoğunlaşma dendiğinden, bu polimerler de yoğunlaşma polimerleri olarak adlandırılır.

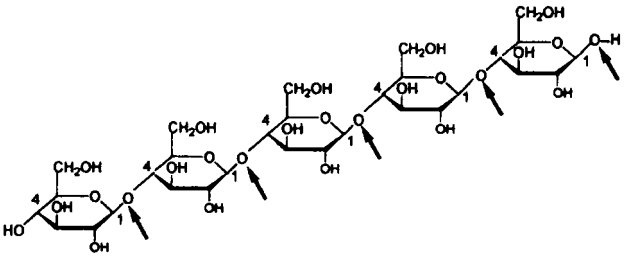


İki β-glukoz molekülü arasında yoğunlaşma (bir su molekülünün kaybı). Her molekül bu süreci öteki ucunda sürdürebilir.

Molekülün her iki tarafı da yoğunlaşma yoluyla başka bir moleküle bağlanabilir, böylece uzun glukoz zincirleri oluşabilir ve geri kalan OH grupları da zincirin dışına dağıtılır.



Bir β-glukozun 1 numaralı karbonuyla bir sonrakinin 4 numaralı karbonu arasında bir su molekülünün meydana gelmesi, uzun bir selüloz polimer zinciri oluşturur. Şekilde beş β-glukoz birimi görülüyor.



Uzun bir selüloz zincirinin bir bölümünün yapısı. Her 1 numaralı karbona yapışık olan ve okla gösterilen O, ß'dır – yani solundaki halkanın üst tarafındadır.

Pamuğu böylesine çekici bir kumaş yapan özelliklerin birçoğu, selülozun kendine özgü yapısından kaynaklanır. Uzun selüloz zincirleri birbirlerine sıkı sıkıya yapışarak bitki hücre zarlarının yapıldığı sert, suda çözünmez lifi oluşturur. Maddelerin fiziksel yapılarını belirlemek için kullanılan teknikler olan X ışını analizi ve elektron mikroskopisi, selüloz zincirlerinin desteler halinde yan yana dizili olduğunu ortaya koymuştur. Bir ß bağlanmasının yapıya verdiği şekil, selüloz zincirlerinin birbirlerine bu desteleri meydana getirecek kadar sıkı sıkıya yanaşmalarını, ardından da destelerin birbirleri üzerine sarılarak gözle görülebilen lifleri oluşturmalarını sağlar. Destelerin dışında, uzun selüloz zincirinin oluşmasında rol almamış OH grupları bulunur ve bunlar su moleküllerini çekebilir. Dolayısıyla selüloz içine su alabilir, ki bu da pamuk ve öteki selüloz tabanlı ürünlerin yüksek emme özelliğini açıklar. "Pamuk nefes alır" deyiminin lifler arasından hava geçmesiyle ilgisi yoktur; her şey suyun soğurulmasıyla ilgilidir. Sıcak havalarda vücudumuzdaki ter buharlaşırken pamuklu giysilerce emilir ve böylece serinlemiş oluruz. Naylondan ya da polyesterden yapılmış giysilerse su çekmez; dolayısıyla ter vücuttan emilmediği için kendimizi ıslak ve rahatsız hissetmemize neden olurlar.

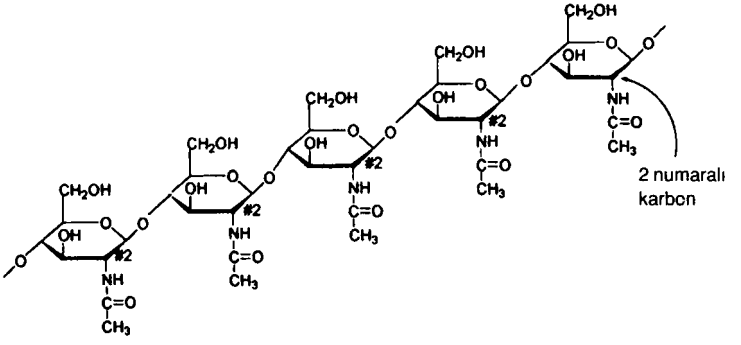
Bir diğer yapısal polisakkaritse, yengeç, karides ve ıstakoz gibi kabuklu deniz canlılarının kabuklarında bulunan ve selülozun bir başka türü olan kitindir. Kitin de selüloz gibi bir ß-polisakkarittir. Selülozdan tek farkı, her ß-glukoz birimindeki 2 numaralı karbon



Selüloz tarlaları – bir pamuk tarlası. (Fotoğraf: Peter Le Couteur)

pozisyonunda OH'nin yerine bir amit ($NHCOCH_3$) grubunun geçmiş olmasıdır. Yani, bu yapısal polimerin her birimi, 2 numaralı karbonun bir OH grubu yerine $NHCOCH_3$ grubuna bağlanmış olduğu bir glukoz molekülüdür. Bu molekülün adı N-asetil glukozamindir. Bu herkese ilginç gelmeyebilir. Ama artrit ya da başka eklem sorunlarınız varsa bu adı duymuş olmalısınız. Her ikisi de deniz canlılarının kabuklarından yapılan N-asetil glukozamin ve yakın türevi glukozamin, pek çok artrit hastasının ağrılarını dindirmiştir. Bu bileşiklerin eklemlerdeki kıkırdak maddesinin yenilenmesini hızlandırdıkları ya da bu maddeye işlevlerinde destek oldukları düşünülüyor.

İnsanlarda ve öteki memelilerde, bu yapısal polisakkaritlerdeki ß bağlantılarını parçalayacak sindirim enzimleri bulunmaz; dolayısıyla da bitkiler âleminde milyarlarca ve milyarlarca glukoz biriminin selüloz halinde hazır beklemesine karşın bunlardan besin kaynağı olarak yararlanamayız. Bununla birlikte, ß bağlantısını parçalayan enzimleri üreten ve böylece selülozu glukoz moleküllerine parçalayan bakteri ve tekhücreli canlılar (protozoa) vardır. Bazı hayvanların sindirim sistemlerinde, bu mikroorganizmaların yaşa-



Kabuklu deniz canlılarının kabuklarındaki kitin polimerinin yapısının bir bölümü. 2 numaralı karbonda selülozun OH'sinin yerini $NHCOCH_3$ almıştır.

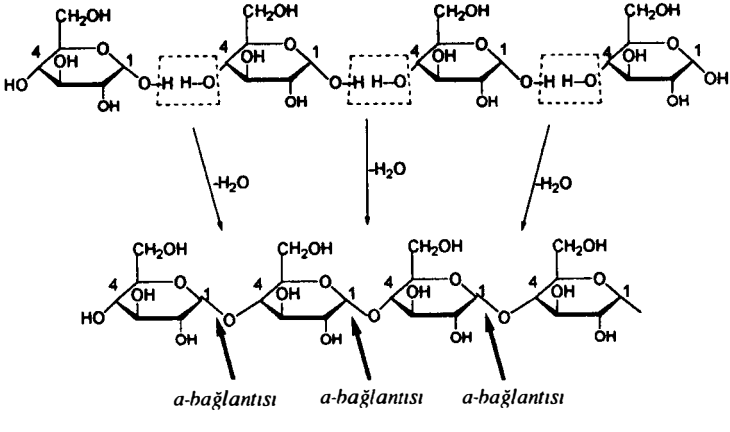
yıp ev sahiplerinin gıda almasını sağladığı geçici depolama yerleri vardır. Örneğin atlarda bu iş için incebağırsağın kalınbağırsağa bağlandığı yerde büyükçe bir kese ya da körbağırsak (cekum) bulunur. Sığır ve koyunların da dahil olduğu geviş getiren hayvanlar grubunda dört bölümlü bir mide bulunur ve bu bölüm ya da "oda"ların birinde bu simbiyotik bakteriler yer alır. Bu tür hayvanlar yuttukları otları belirli aralıklarla ağızlarına geri çıkartıp yeniden çiğnerler. Bu da sindirim sistemi açısından, ß bağlantısı enzimine erişimi artıran bir başka evrimsel uyum olarak görülebilir.

Tavşanlarda ve başka bazı kemirgenlerde gerekli bakteriler kalınbağırsakta yaşarlar. Besinlerin çok büyük kısmının incebağırsakta emilmesi ve kalınbağırsağın da incebağırsaktan sonra başlaması nedeniyle bu hayvanlar ß bağlantısının parçalanmasıyla ortaya çıkan ürünlere erişmek için kendi dışkılarını yerler. Besinler sindirim kanalından ikinci kez geçerken, incebağırsak, ilk geçiş sırasında selülozun (kalınbağırsakta) parçalanarak serbest bıraktığı glukoz birimlerini bu kez emebilir. Bu, bize bir OH grubunun yöneliminin yarattığı sorunu gidermenin son derece "tatsız" bir yöntemi gibi görünebilir; ama söz konusu kemirgenlerin işine yaradığı kesin. Termitlerin, marangoz karıncaların ve tahta yiyen başka birtakım böceklerin de aralarında bulunduğu bazı böcekler, selülozdan gıda olarak yararlanmalarına yardımcı olan mikroorganizmalar barındırırlar.

(Tabii bu, insanların inşa ettiği evler ve başka bazı binalar açısından hiç de iyi bir haber değildir.) Selülozu metabolize edemesek yani sindirip enerjiye dönüştüremesek de, bu bileşiğin diyetlerimizde çok önemli bir yeri vardır. Selüloz ve sindirilemez öteki maddelerden oluşan bitki lifleri, metabolize edilmiş maddelerin atıklarının sindirim kanalında ilerlemesine yardımcı olur.

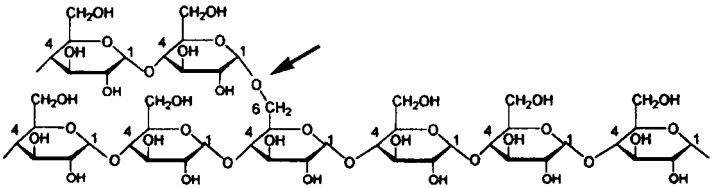
DEPOLAMA POLİSAKKARİTLERİ

Bir ß bağlantısını parçalayan enzime sahip olmasak da, bir α bağlantısını parçalarına ayıracak sindirim enzimimiz vardır. α bağlantısı modeli, depolama polisakkaritleri olan nişasta ve glikojende görülür. Yemeklerimizde önemli bir glukoz kaynağı olan nişasta, birçok bitkinin köklerinde, yumrularında ve tohumlarında bulunur. Her ikisi de α-glukoz birimlerinin polimerleri olan, birbirinden hafifçe farklı iki polisakkarit molekülünden meydana gelir. Nişastanın yüzde 20 ila 30 kadarı amilozdan oluşur. Amiloz binlerce glukoz biriminin hiç dallanmadan uzayıp gittiği bir zincirden oluşur; bunlar bir glukozun 1 numaralı karbonuyla diğerinin 4 numaralı karbonu aracılığıyla bir-



α-glukoz birimleri arasındaki H_2O molekülünün kaybıyla oluşan amilaz zincirinin bir bölümü. 1 numaralı karbona bağlı –O halkanın altında kaldığı için bağlantılar α'dır.

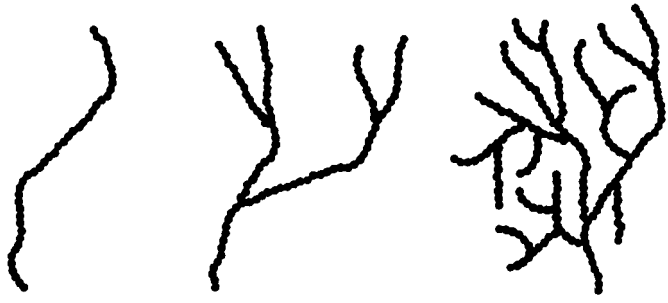
birine bağlıdır. Amiloz ile selüloz arasındaki tek fark, amilozda bağlantıların α glukozdaysa ß olmasıdır. Gelgelelim selüloz ve amiloz polisakkaritlerinin oynadıkları roller son derece farklıdır. Nişastanın geri kalan yüzde 70-80'ini amilopektin meydana getirir. O da komşu birimlerin 1 ve 4 numaralı karbonları arasındaki bağlantılarla uzun α-glukoz zincirleri oluşturur, ama amilopektinde her 20-25 glukoz biriminde bir dallanma görülür; bir glukoz biriminin 1 numaralı karbonu ile bir başka glukoz biriminin 6 numaralı karbonu arasında çapraz bağlar kurulmuştur. Kendi aralarında bağlar kurmuş 1 milyon kadar glukoz biriminden oluşabilen amilopektin, doğadaki en büyük moleküllerden biridir.



Amilopektinin yapısının bir bölümü. Ok, amilopektinin dallanmasına yol açan 1 numaralı karbonla 6 numaralı karbon arasındaki α-bağlantısını gösteriyor.

Nişastalarda α-bağlantısı, biz insanların onları sindirebilmemizi sağlamanın ötesinde başka önemli özelliklerden de sorumludur. Amiloz ve amilopektin zincirleri, selülozun yanaşık düzen doğrusal yapısı yerine sarmal bir yapı gösterir. Yeterli enerjiye sahip olduklarında su molekülleri, sarmal kolların arasına girebilir. Bu nedenle selüloz suda çözünmezken nişasta çözünür. Tüm aşçıların bildiği gibi, nişastanın suda çözünürlük derecesi sıcaklıkla yakından ilgilidir. Nişasta ve su karışımı ısıtıldığında, nişasta granülleri giderek daha çok su emer ve bir noktaya gelindiğinde nişasta moleküllerinin birbirlerinden ayrılmasıyla sıvı içinde dağılmış uzun moleküllerden bir ağ meydana gelir. Bu, jel ya da jöle olarak bilinir. Bulut gibi yarı opak olan karışım giderek saydamlaşır ve kıvamı koyulaşmaya başlar. Bu yüzden aşçılar soslara kıvam vermek için un, (Brezilya'ya özgü Kassava bitkisi kökünden yapılan) tapioka ve mısırunu gibi nişasta kaynaklarından yararlanırlar.

Hayvanlardaki depolama polisakkariti, genellikle karaciğer ve iskelet kası hücrelerinde oluşan glikojendir. Bu, amilopektine çok benzeyen bir moleküldür; ama amilopektinde 1 numaralı karbonla 6 numaralı karbon arasındaki bağlantılar 20-25 glukoz biriminde tekrarlanırken, glikojende bu çapraz α-bağlantıları her 10 glukoz biriminde bir tekrarlanır. Sonuçta ortaya çıkan molekül hayli dallı budaklıdır. Bu da hayvanlar için oldukça önemli bir sonuç doğurur: Dallanmamış düz bir zincirin yalnızca iki ucu varken, aynı sayıda glukoz birimine sahip ama çok dallı bir zincirin pek çok ucu vardır. Enerjinin acilen gerektiği durumlarda, glukoz birimleri bu çok sayıda uçtan aynı anda elde edilebilir. Hayvanların tersine, bitkilerin avcılardan kaçmak ya da avlarını yakalamak için ani enerji patlamalarına gereksinimleri olmadığından, daha az dallanmış amilopektin ve dalsız amiloz, bir bitkinin daha düşük metabolizma hızı için yeterlidir. Çapraz bağların türüne değil sayısına dayalı bu küçük kimyasal fark, bitkilerle hayvanlar arasındaki en önemli farklardan birinin temelidir.



Amiloz *(bitkilerde bulunur)*

Amilopektin

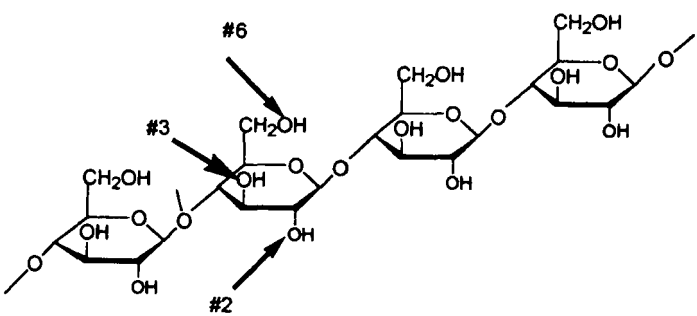
Glikojen *(hayvanlarda bulunur)*

Nişastadaki (amiloz ve amilopektin) dallanmanın glikojendekiyle karşılaştırması. Dallanma ne kadar çok olursa, enzimlerin bağları koparabileceği uçların sayısı da o kadar artar ve böylece yeterli miktarda glukoz daha hızlı metabolize edilmiş olur.

SELÜLOZUN BÜYÜK PATLAMASI

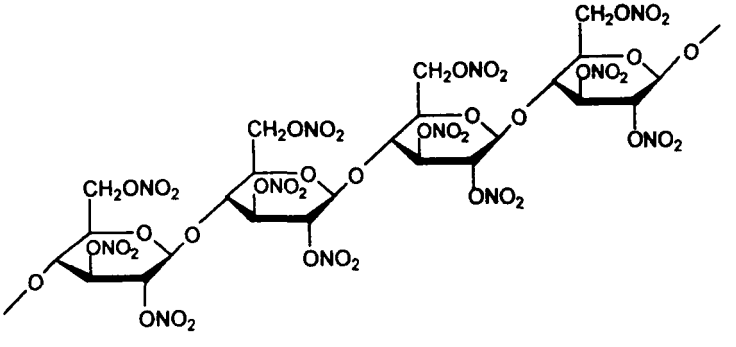
Dünyada çok büyük bir miktarda depolama polisakkariti bulunmasına karşılık, yapısal polisakkarit –selüloz– çok daha fazladır. Bazı tahminlere göre tüm organik karbonun yarısı selülozda bağlıdır. Her yıl tahminen 10^{14} kilo (100 milyar ton) selüloz biyosentez süreciyle üretilir ve sonra da bozulur. Yalnızca bol olmakla kalmayıp yenilenebilir bir kaynak da olması nedeniyle selüloz, yeni ürünler için ucuz ve kolay bulunan bir başlangıç malzemesi olarak öteden beri kimyacıların ve girişimcilerin ilgi odağı olmuştur.

1830'lara gelindiğinde selülozun konsantre nitrik asit içinde eridiği ve bu karışımın, suya döküldüğünde kolay ateş alan patlayıcı beyaz bir toz haline geldiği keşfedilmiş bulunuyordu. Bu bileşiğin ticarileşmesi ise 1845 yılında İsviçre'nin Basel kentinden Friedrich Schönbein tarafından yapılan bir keşif sayesinde gerçekleşti. Schönbein, evinde tehlikeli işler yapılmasını haklı olarak kesinlikle yasaklamış olan eşinin itirazlarına karşın, mutfağında gizlice nitrik ve sülfürik asidin karışımlarıyla deneyler yapıyordu. Karısının dışarıda olduğu bir gün Schönbein asit karışımının bir kısmını yere döktü ve yerdeki birikintinin bir şeye zarar vermemesi için telaşla eline ilk geçen şeyle, karısının pamuklu önlüğüyle sildi, sonra da önlüğü kuruması için sobanın üzerine astı.



Bir selüloz molekülünün bir bölümünün yapısı. Oklar, her glukoz birimindeki 2, 3 ve 6 numaralı karbonlara bağlı OH'de nitrasyonun gerçekleşebileceği yerleri gösteriyor.

Çok geçmeden sağır edici bir gürültü ve kör edici bir parlamayla önlük havaya uçtu. Schönbein'ın karısı eve dönüp de kocasının pamuk ve nitrik asit karışımıyla mutfak deneylerini sürdürdüğünü gördüğünde ne tepki verdi, bilinmez. Ama Schönbein'ın oluşturduğu materyale verdiği isim kayıtlarda mevcut: *Schiessbaumwolle* ya da barutpamuğu. Pamuk yüzde 90 selülozdur ve artık biliyoruz ki, Schönbein'ın barutpamuğu, nitro grubu NO_2'nin selüloz molekülü üzerindeki belli bazı noktalarda OH grubunda H'nin yerini aldığında ortaya çıkan bileşik olan nitroselülozdu. Bu noktaların hepsinin nitrojenlenmesi gerekmiyordu; ama selüloz üzerinde nitrasyon ne kadar artarsa, ortaya çıkan barutpamuğunun patlama gücü de o ölçüde yükseliyordu.



Nitroselüloz ya da barutpamuğu yapısının, nitrasyonun gösterildiği bir bölümü. $-NO_2$, selülozun her glukoz birimi üzerinde mümkün olan her OH pozisyonunda $-H$'nin yerine geçmiş.

Keşfinin getireceği potansiyel kârın farkında olan Schönbein, barut için bir alternatif haline geleceği umuduyla nitroselüloz fabrikaları kurdu. Ne var ki nitroselüloz, rutubetten uzak tutulmaz ve çok dikkatli kullanılmazsa son derece tehlikeli bir madde olabilir. O sırada nitroselüloz üzerinde kalmış nitrik asit artıklarının malzemeyi kararsızlaştırabileceği bilinmediğinden birkaç fabrikanın kaza sonucu havaya uçması, Schönbein'ın iş hayatına son verdi. Ancak 1860'ların sonuna doğru barutpamuğundaki nitrik asit kalıntılarını

temizleyecek uygun yöntemlerin bulunmasından sonradır ki, bu malzeme ticari patlayıcılarda kullanılabilecek kadar kararlı hale geldi.

Sonraları bu nitrasyon sürecinin kontrolü, daha yüksek nitrat içerikli barutpamuğunun yanı sıra daha düşük nitratlı kolodyon ve selüloit gibi farklı nitroselülozların yapımını mümkün kıldı. Alkol ve suyla karıştırılmış bir nitroselüloz olan kolodyon fotoğrafçılığın ilk zamanlarında yaygın olarak kullanılmıştı. Kafur ile karıştırılmış bir nitroselüloz olan selüloit, başlangıçta sinema filmi olarak kullanılmıştı. Bir başka selüloz türevi olan ve nitroselülozdan daha az parlayıcı olduğu ortaya çıkan selüloz asetat daha sonra birçok kullanımda onun yerini aldı. Günümüzde çok büyük ticari girişimler olan fotoğrafçılık ve sinema endüstrisi, başlangıçlarını çokyönlü selüloz molekülünün kimyasal yapısına borçludur.

Selüloz neredeyse hiçbir çözücü içinde çözünmemekle birlikte, organik bir çözücü olan karbon disülfit içinde eriyerek selüloz ksantat diye adlandırılan bir selüloz türevini meydana getirir. Selüloz ksantat kıvamlı bir suspansiyon formundadır ve ticari adı viskozdur. Viskoz basınçla çok küçük deliklerden geçirilir ve ortaya çıkan lif asitle yıkanırsa, selüloz, ticari adı rayon olan bir kumaş halinde dokunabilen ince iplikler biçiminde yeniden ortaya çıkar. Viskozun benzer bir süreçle ince bir yarıktan geçirilmesiyle tabakalar halinde selofan elde edilir. Rayon ve selofan genellikle sentetik tekstiller olarak bilinmekle birlikte tamamen insan yapımı değildir, zira bunlar doğal selülozun biraz değişik biçimleridir.

Glukozun hem α polimeri (nişasta) hem de ß polimeri (selüloz) beslenmemizin temel bileşenleridir, dolayısıyla insan toplumunda vazgeçilmez bir işlevleri olmuştur ve her zaman da olacaktır. Gelgelelim tarihte dönüm noktaları oluşturanlar, selüloz ve çeşitli türevlerinin beslenme dışı rolleriydi. Pamuk biçimiyle selüloz, on dokuzuncu yüzyılın en etkili iki olayının, Sanayi Devrimi ve Amerikan İç Savaşı'nın sorumlusu oldu. Sanayi Devrimi'nin yıldızı olan pamuk kırsal nüfusun azalması, kentleşme, hızlı sanayileşme, inovasyon ve keşifler, sosyal değişim ve refah gibi sonuçlar doğurarak İngiltere'

nin çehresini değiştirdi. Yine pamuk, ABD'nin tarihindeki en büyük krizlerinden birine yol açtı. Kölelik, bu uygulamanın kaldırılmasını savunan Kuzey ile ekonomik sistemi kölelerce yetiştirilen pamuk üzerine kurulu Güney arasındaki savaşın en önemli nedeniydi.

Nitroselüloz (barutpamuğu), insan yapımı en eski patlayıcı organik moleküllerden biriydi ve keşfi, ilk başta selülozun nitratlanmış biçimlerine dayanan bir dizi modern sanayinin ortaya çıkmasını sağladı: patlayıcılar, fotoğrafçılık ve sinema endüstrisi. Selülozun değişik bir biçimi olan rayonla başlayan sentetik tekstil sanayii, geçtiğimiz yüzyıl içinde ekonominin biçimlenmesinde önemli rol oynadı. Selüloz molekülünün bu kullanımları olmasa dünyamız çok farklı bir yer olurdu.

5

NİTRO BİLEŞİKLERİ

SCHÖNBEIN'IN KARISININ patlayan önlüğü, insan yapımı bir patlayıcı molekülün ne ilk örneğiydi ne de sonuncusu olacaktı. Çok hızlı gerçekleşen kimyasal tepkimeler akıl almaz bir güce sahip olabiliyor. Selüloz, patlayıcı tepkime yeteneğinden yararlanmak için değişime uğrattığımız birçok molekülden yalnızca bir tanesi. Bu bileşiklerden bazıları muazzam yararlar sağlarken, bazıları da çok büyük yıkımlara yol açtı. Son derece patlayıcı özellikleriyle bu bileşiklerin dünya üzerinde belirgin etkileri oldu.

Patlayıcı moleküllerin yapıları çok farklı olsa da genellikle bir nitro grubu içerirler. Bir nitrojen ve iki oksijenden oluşan bu küçük atom bileşimi (NO_2), doğru yere yerleştirildiğinde savaşma yeteneğimizi büyük ölçüde artırmış, ülkelerin kaderini değiştirmiş ve kelimenin tam anlamıyla dağları yerinden oynatmamızı sağlamıştır.

BARUT – İLK PATLAYICI

İcat edilmiş ilk patlayıcı karışım olan barut (ya da kara barut) eski zamanlarda Çin'de, Arabistan'da ve Hindistan'da kullanılmıştı. Eski Çin metinleri bir "ateş maddesi"nden ya da "ateş tozu"ndan söz eder. Bu maddenin içeriği MS 1000 yılına kadar kayıtlara geçmemiş, geçtiğinde de içindeki nitrat tuzu, kükürt ve karbonun oranları belirtilmemiştir. Güherçile ya da "Çin karı" diye de adlandırılan nitrat tuzu, kimyasal formülü KNO_3 olan potasyum nitrattır. Baruttaki karbon odun kömürü formundadır ve maddeye siyah rengini verir.

Barut başlangıçta maytap ve havai fişekler için kullanılıyordu; ama on birinci yüzyılın ortasına gelindiğinde, silah olarak kullanılan ve "ateş okları" diye bilinen yanan cisimler barutla fırlatılmaya başlamıştı. 1067 yılında Çinliler kükürt ve güherçile üretimini devlet kontrolü altına aldılar.

Barutun Avrupa'ya tam olarak ne zaman geldiğini bilmiyoruz. İngiltere'de doğan, Oxford Üniversitesi ve Paris Üniversitesi'nde öğrenim gören Fransisken mezhebi keşişi Roger Bacon, daha Marco Polo Çin'den barut haberleriyle Venedik'e dönmeden önce, 1260 yılları civarında baruttan söz ediyordu. Bacon bir hekim ve deneyci olmanın yanı sıra günümüzde gökbilim (astronomi), kimya ve fizik diye adlandırdığımız bilimler üzerine de bilgi sahibiydi. İyi Arapça da konuştuğundan, olasıdır ki, barutu Batı ile Doğu arasında aracılık yapan ve Saraken diye adlandırılan göçmen bir kabileden öğrenmişti. Bacon barutun yıkıcı potansiyelinin farkında olmalıydı, zira içeriğini şifreli olarak yazmıştı. Bu şifreli tarife göre barut, yedi birim güherçile, beş birim odun kömürü ve beş birim de kükürtten oluşuyordu. Ancak, Bacon'ın bilmecesi 650 yıl süreyle çözülemeden kaldı. Sonunda İngiliz Ordusu'ndan bir albay tarafından çözüldüğündeyse, barut yüzyıllardır kullanımdaydı.

Günümüzün barutu birleşimi açısından biraz değişik olmakla birlikte, Bacon'ın formülündekinden daha büyük oranda güherçile içerir. Barutun patlaması esnasında gerçekleşen kimyasal tepkime şu şekilde yazılabilir:

$$4KNO_{3(k)} + 7C_{(k)} + S_{(k)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 3CO_{(g)} + 2N_{2(g)} + K_2CO_{3(k)} + K_2S_{(k)}$$

potasyum nitrat — karbon — kükürt — karbon dioksit — karbon monoksit — nitrojen — potasyum karbonat — potasyum sülfit

Bu kimyasal denklem bize, tepkimeye giren maddelerin oranlarıyla tepkime sonrası ortaya çıkanların oranlarını gösterir. Sembollerin altlarındaki (k) işareti maddenin katı olduğunu, (g) ise gaz olduğunu gösterir. Denklemden, tepkimeye giren maddelerin hepsinin katı olduğunu, ama tepkime sonrasında üç karbondioksit, üç karbonmonoksit ve iki de nitrojen olmak üzere sekiz gaz molekülü oluştuğunu görebilirsiniz. İşte, bir top güllesini ya da tüfek mermisini fırlatan,

barutun hızla yanmasıyla oluşan bu sıcak ve genişleyen gazdır. Ortaya çıkan katı potasyum karbonat ve potasyum sülfit zerrecikler halinde dağılır ve barutun karakteristik yoğun dumanını oluşturur.

Yaklaşık 1300 ile 1325 yılları arasında ilk ateşli silah, içi barutla doldurulmuş demirden bir boruydu ve ısıtılmış bir telle ateşleniyordu. Daha etkili tüfekler (fitilli, çakmaklı, çarklı tüfekler) geliştirildikçe, barutun değişik hızlarla yanması gereği ortaya çıktı. Tabancalar hızlı, tüfekler biraz daha ağır, toplar ve roketlerse daha da ağır bir yanma hızı gerektiriyordu. Bir su ve alkol karışımı baruta dökülerek hamur şeklinde katılaşması sağlanıyor, parçalanıp ezildikten sonra da süzgeçlerden geçirilerek ince, orta büyüklükte ve kalın parçacıklara ayrılabiliyordu. Barut ne kadar inceyse yanma da o ölçüde hızlı olduğundan, çeşitli kullanımlara uygun barut üretilebiliyordu. Bu iş için, su yerine barut fabrikasında çalışan işçilerin idrarlarından da yararlanılıyordu ve çok şarap içen birinin idrarıyla imal edilen barutun daha güçlü bir patlama sağladığına inanılıyordu. Bir papazın, hatta daha iyisi bir piskoposun idrarınınsa daha üstün nitelikte bir ürün sağlayacağı düşünülüyordu.

PATLAYICI KİMYA

Patlayıcıların gerisindeki itici güç, gazların ortaya çıkması ve bunların tepkimenin ısısıyla hızla genişlemesidir. Gazlar, aynı miktarda katı ya da sıvınınkinden çok daha büyük bir hacme sahiptir. Bir patlamanın yıkıcı gücü, gazların ortaya çıkışı sırasında hacimdeki çok hızlı genişlemeyle oluşan şok dalgasıdır. Barutun şok dalgası saniyede 100 metre kadar ilerlerken, örneğin TNT ya da nitrogliserin gibi "yüksek" patlayıcılarda şok dalgası hızı saniyede altı bin metreye kadar çıkabilir.

Tüm patlayıcı tepkimeler büyük miktarda ısı yayar, yani yüksek düzeyde egzotermik tepkimelerdir. Büyük miktarlarda ısı, gazların hacmini önemli ölçüde artırır – sıcaklık ne kadar yüksek olursa gazın hacmi de o kadar geniş olur. Isı, patlayıcı tepkime denkleminin iki tarafındaki moleküller arasındaki enerji farkından kaynaklanır. Üretilen moleküllerin (denklemin sağ tarafında olanlar) kimyasal bağlarında, başlangıç moleküllerindekilere (soldakiler) kıyasla da-

ha az enerji stoklanmıştır. Tepkime sonrası oluşan moleküller daha kararlıdır. Nitro bileşiklerinin patlayıcı tepkimelerinde son derece kararlı olan N_2 molekülü oluşur. N_2 molekülünün kararlılığı, iki nitrojen atomunu bir arada tutan üçlü bağın gücünden kaynaklanır.

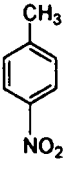
$$N \equiv N$$

N_2 molekülünün yapısı

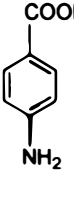
Bu üçlü bağın çok güçlü olması, bu bağı kırmak için çok fazla enerji gerektiği anlamına gelir. Tersine, N_2 üçlü bağı oluştuğunda çok büyük bir eneri açığa çıkar ki, zaten bir patlayıcı tepkimede aranan da budur.

Isı ve gazların üretilmesi dışında patlayıcı tepkimelerin üçüncü bir önemli özelliği, son derece hızlı gerçekleşmeleridir. Patlayıcı tepkime yavaş gerçekleşecek olsaydı, ortaya çıkan ısı dağılır ve gazlar da, bir patlamanın karakteristik özellikleri olan şiddetli basınç artışı, yıkıcı şok dalgası ve yüksek sıcaklıklara yol açmaksızın çevreye yayılırdı. Böyle bir tepkime için gereken oksijen, patlayan molekülden gelmek zorundadır. Havadan gelemez, çünkü havadaki oksijene yeterince hızlı erişilemez. Dolayısıyla oksijen ve nitrojenin birbirlerine bağlı olarak bulundukları bileşiklerin genelde patlayıcı olmalarına karşılık, nitrojen ve oksijen içeren ama bunların birbirine bağlı olmadığı bileşikler patlayıcı değildir.

Bu durum, aynı kimyasal formüle ama değişik yapılara sahip olan izomerlerle gösterilebilir. *Para*-nitrotoluen ile *para*-benzoikasidin her ikisi de yedi karbon, yedi hidrojen, bir nitrojen ve iki de oksijen atomundan oluşan aynı $C_7H_7NO_2$ formülüne sahiptir; ama bu atomlar moleküllerin her birinde farklı biçimde dizilmiştir.



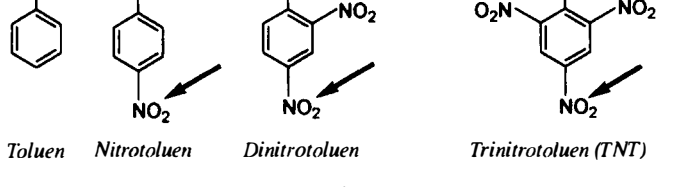
p-*nitrotoluen*



p-*aminobenzoik asit*

Para- ya da *p*-nitrotoluenin (*para*, CH_3 ve NO_3 gruplarının molekülün ters uçlarında bulunduğunu gösterir) patlayıcı olabilmesine karşılık, *p*-aminobenzoik asit hiç de patlayıcı değildir. Aslında bu asidi büyük olasılıkla yazın vücudunuza sürmüşsünüzdür, çünkü bu, güneş ışığındaki morötesi ışınları perdeleyen önleyici güneş kremlerinin pek çoğunun etken maddesi olan PABA'dan başka bir şey değildir. PABA türünden bileşikler, morötesi ışınları tam da deri hücreleri için en zararlı olan dalga boylarında soğurur. Morötesi ışınların belli dalga boylarında soğurulması, bileşikte üzerlerine oksijen ve nitrojen atomlarının da bağlı olabildiği, sırayla bir tekli, bir ikili halinde dizilmiş bağların olmasına bağlıdır. Bu sıralı dizilimde bağların ya da atomların sayısındaki farklılıklar, soğurulan dalga boyunu değiştirir. Suda kolayca vücuttan ayrılmamaları, toksik ya da alerjik etkileri bulunmaması, kötü koku ya da tatlarının olmaması ve güneş altında kolayca bozulmamaları koşuluyla, güneş ışığını gereken dalga boylarında soğuran başka bileşikler de önleyici krem malzemesi olarak kullanılabilir.

Nitratlanmış bir molekülün patlayıcılığı, eklenmiş nitro gruplarının sayısına bağlıdır. Nitrotoluende yalnızca bir nitro grubu vardır. Daha fazla nitrasyon, iki ya da üç nitro grubu daha ekleyebilir ve sonuçta molekül di ya da trinitrotoluen haline gelebilir. Nitrotoluen ve dinitrotoluen patlayabilirse de, ikisi de yüksek patlayıcı trinitrotoluen (TNT) molekülünün patlama gücüne erişemez.



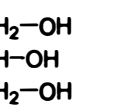
Toluen *Nitrotoluen* *Dinitrotoluen* *Trinitrotoluen (TNT)*

Nitro grupları oklarla gösterilmiştir.

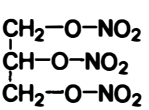
Patlayıcı geliştirmede ilerlemeler, kimyacıların nitrik asidin organik bileşikler üzerindeki etkilerini incelemeye başladıkları on dokuzuncu yüzyılda kaydedildi. Friedrich Schönbein'ın yaptığı deneylerle karısının önlüğünü havaya uçurmasından yalnızca birkaç

yıl sonra, Torinolu İtalyan kimyacı Ascania Sobrero, yüksek derecede patlayıcı başka bir nitro molekülü oluşturdu. Sobrero, nitrik asidin öteki organik bileşikler üzerindeki etkilerini araştırıyordu. Gliserin diye de bilinen ve hayvan yağlarından kolayca elde edilen gliserolü, sülfürik asit ve nitrik asidin soğutulmuş bir karışımı üzerine damlattı ve ardından bu karışımı suya boşalttı. Şimdi nitrogliserin diye tanıdığımız yağlı bir tabaka karışımdan ayrışarak yüzeyde toplandı. Sobrero kendi zamanında normal sayılan, günümüzdeyse aklımızdan bile geçirmeyeceğimiz bir şey yaparak yeni bileşiğin tadına baktı ve gözlemlerini kaydetti: "Yutulmadan dil üzerine konan eser miktarı bile zonklama şeklinde çok şiddetli bir baş ağrısı yapıyor ve aynı zamanda kol ve bacaklarda büyük bir halsizlik hissediliyor."

Daha sonra patlayıcı sanayiinde çalışan işçilerin çektiği şiddetli baş ağrıları üzerine yapılan araştırmalar, bunların nitrogliserinle temas sonucu kan damarlarının genişlemesinden kaynaklandığını ortaya koydu. Bu keşif, nitrogliserinin, anjino pektoris denen kalp hastalığının tedavisinde kullanılmaya başlamasına yol açtı.



Gliserol (gliserin)



Nitrogliserin

Kalp kasını besleyen büzüşmüş kan damarlarının genişlemesiyle yeniden yeterli düzeye çıkan kan miktarı, anjina hastalarının çektiği ağrıları giderir. Artık biliyoruz ki, damar genişlemesini gerçekleştiren, nitrogliserinin vücudumuzda saldığı basit nitrik oksit (NO) molekülüdür. Nitrik oksidin bu yönü üzerine yapılan araştırmalar, yine nitrik oksidin damar genişletici etkisine dayanan viagra adlı iktidarsızlık giderici ilacın geliştirilmesini sağlamıştır.

Kan basıncını normal düzeyde tutmak, hücreler arasında mesaj iletimini sağlayan haberci molekül görevi yapmak, uzun süreli belleği oluşturmak ve sindirime yardımcı olmak, nitrik oksidin oynadığı öteki fizyolojik rollerden bazılarıdır. Yeni doğan bebeklerde yüksek tansiyonun ve şok geçirenlerin tedavisinde kullanılan ilaç-

lar da bu araştırmaların meyvelerindendir. 1998 Nobel Tıp Ödülü, nitrik oksidin vücutta oynadığı rolü keşfeden Robert Furchgott, Louis Ignarro ve Ferid Murad'a verilmiştir. Gelgelelim, kimyanın pek çok ironik vakasından biri, nitrogliserinden edindiği serveti Nobel Ödülleri için kullanılacak olan Alfred Nobel'in, kalp hastalığının yol açtığı göğüs ağrıları için kendisine nirtrogliserin tedavisi uygulanmasını reddetmiş olmasıdır. Nobel nitrogliserinin baş ağrılarına yol açmaktan başka bir işe yarayacağına inanmıyordu.

Nitrogliserin ısıtılınca ya da çekiçle vurulunca patlayan çok kararsız bir maddedir. Aşağıdaki patlayıcı tepkime, hızla genişleyen gaz bulutları ve çok büyük ölçeklerde ısı yaratır:

$$\underset{\text{nitrogliserin}}{4C_3H_5N_3O_{9(s)}} \rightarrow \underset{\text{nitrojen}}{6N_{2(g)}} + \underset{\text{karbondioksit}}{12CO_{2(g)}} + \underset{\text{su}}{10H_2O_{(g)}} + \underset{\text{oksijen}}{O_{2(g)}}$$

Saniyenin binde biri mertebesindeki sürede altı bin atmosferlik basınç oluşturan baruta kıyasla, aynı miktarda nitrogliserin saniyenin milyonda birinde 270.000 atmosferlik basınç oluşturur. Barutla işlem yapmak görece güvenlidir, ama nitrogliserinin ne yapacağı belli olmaz; şok ya da ısınma nedeniyle kendi kendine patlayabilir. Bu patlayıcıyı kullanmanın ve "ateşlemenin" güvenli bir yolunu bulmak gerekiyordu.

NOBEL'İN DİNAMİT FİKRİ

1833 yılında Stockholm'de doğan Alfred Bernard Nobel'in aklına, nitrogliserinin yavaş yanmasına neden olan fitil yerine, çok daha büyük bir nitrogliserin patlamasını tetiklemek için küçük bir barut patlaması gerçekleştirme fikri geldi. Bu çok iyi bir fikirdi ve işe yaradı; nitekim günümüzde hâlâ madencilik ve inşaat sanayilerinde rutin olarak gerçekleştirilen kontrollü patlamalarda kullanılıyor. Ne var ki istenen bir patlamayı gerçekleştirme sorununu böylece çözmüş olan Nobel, istenmeyen patlamaları önleme sorununu hâlâ çözememişti.

Nobel'in ailesinin patlayıcı üretip satan bir fabrikası vardı ve 1864 yılına gelindiğinde bu fabrika, tünel ya da maden ocağı açmak

gibi ticari uygulamalar için nitrogliserin üretmeye de başlamıştı. O yılın eylülünde ailenin Stockholm'deki laboratuvarlarından birinde meydana gelen patlama, aralarında Alfred Nobel'in küçük kardeşi Emil'in de bulunduğu beş kişinin ölümüne neden oldu. Kazanın nedeni tam olarak belirlenemediyse de, Stockholm yetkilileri nitrogliserin üretimini yasakladı. Engellerden yılacak biri olmayan Nobel, dubalar üzerinde yeni bir laboratuvar kurarak Stockholm kent sınırlarının hemen dışındaki Mälaren Gölü'ne demirletti. Gücü çok daha az olan barut karşısındaki üstünlükleri öğrenilmeye başladıkça nitrogliserine yönelik talep hızla arttı. 1868 yılına gelindiğinde Nobel 11 Avrupa ülkesinde fabrika açmış, hatta San Francisco'da bir şirket kurarak faaliyetlerini ABD'ye de taşımıştı.

Nitrogliserin, çoğu kez üretim sürecinde kullanılan asidin bulaşmasıyla ağır ağır çözülüyordu. Çözülmenin ortaya çıkardığı gazlar, patlayıcının nakil için doldurulduğu çinko bidonların tıpalarını attırıyordu. Ayrıca, saf olmayan nitrogliserinin içindeki asit çinkoyu aşındırarak bidonların sızdırmasına yol açıyordu. Bidonları yalıtması ve sızan ya da dökülen patlayıcıları emmesi için talaş gibi paketleme malzemeleri kullanılıyor ama bu önlemler güvenliği sağlamada yetersiz kalıyordu. Taşınan maddenin özellikleri konusunda bilgisizlik ya da yalan yanlış bilgiler, sık sık korkunç kazalara yol açıyordu. Hatalı uygulamalar ve dikkatsizlik yaygındı. Bir keresinde nitrogliserin taşıyan bir arabanın tekerlekleri nitrogliserin yağıyla yağlanmıştı (tabii bunun feci bir sonuca yol açtığını belirtmeye gerek bile yok). 1866 yılında San Francisco'da Wells Fargo taşımacılık şirketine ait bir depoda tutulan bir parti nitrogliserinin patlaması sonucu 14 kişi hayatını kaybetti. Aynı yıl içinde *European* adlı on yedi bin tonluk bir buharlı gemi, Panama'nın Atlantik kıyısına nitrogliserin boşaltırken patladı ve 47 kişinin ölümüyle bir milyon doların üzerinde maddi zarara yol açtı. Yine 1866 yılında meydana gelen patlamalar Almanya ve Norveç'teki nitrogliserin fabrikalarını yerle bir etti. Tüm bu kazalar yetkilileri endişelendirmeye başlamıştı. Fransa ve Belçika nitrogliserini yasakladı ve inanılmaz derecede güçlü bir patlayıcı olan bu maddeye yönelik talebin tüm dünyada artmasına karşın başka ülkelerde de benzer önlemler önerildi.

Nobel, gücünü azaltmadan nitrogliserini kararlı hale getirecek yöntemler aramaya başladı. Katılaştırma ilk akla gelen yöntemlerden biri olduğundan, yağlı sıvıyı talaş, çimento ve öğütülmüş odun kömürü gibi sıradan katılarla karıştırarak deneylere girişti. Şimdi "dinamit" olarak tanıdığımız maddenin, Nobel'in iddia ettiği gibi sistematik bir araştırmanın mı yoksa şanslı bir rastlantının mı ürünü olduğu hep tartışılagelmiştir. Keşif rastlantısal olsa bile, Nobel, kieselguhr'un (arada talaş yerine paketlemede dolgu malzemesi olarak da kullanılan, ince, doğal, silikat bir malzeme) kaplarından sızmış olan sıvı nitrogliserini emdiği halde maddenin mikroskobik delikli yapısını koruduğunu fark edecek kadar zekiydi. Diatomik toprak da denen kieselguhr, tekhücreli mikroskobik deniz canlılarının kabuklarından oluşuyor ve şeker rafinelerinde filtre malzemesi, yalıtım maddesi ya da metal cilası olarak farklı işlevlerde kullanılıyordu. Sürdürülen deneyler, sıvı nitrogliserinin, ağırlığının üçte biri kadar kieselguhr ile karıştırıldığında kil hamuru kıvamında plastik bir kütle haline geldiğini ortaya koydu. Kieselguhr nitrogliserinin kıvamını azaltıyor ve nitrogliserin parçacıklarının birbirinden uzaklaşması, bozulmalarını yavaşlatıyordu. Patlama etkisi artık kontrol edilebiliyordu.

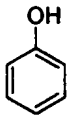
Nobel, nitrogliserin-kieselguhr karışımına Yunanca güç anlamına gelen *dynamis* sözcüğünden türettiği dinamit adını verdi. Dinamit her istenen şekil ve büyüklüğe getirilebiliyor, kolay bozulmuyor ve kazara patlamıyordu. 1867 yılına gelindiğinde, Nobel ve Ortakları (Nobel and Company) adını almış olan aile şirketi, "Nobel'in Güvenli Barutu" adıyla patentini aldığı dinamitin ihracatını yapmaya başlamıştı. Çok geçmeden dünyanın her tarafında Nobel dinamit fabrikaları kurulmuş ve Nobel ailesinin serveti garantiye alınmıştı.

Bir mühimmat üreticisi olan Alfred Nobel'in aynı zamanda bir barış yanlısı olması çelişkili görünebilir; ama Nobel'in tüm yaşamı zaten çelişkilerle doluydu. Hasta ve zayıf bir çocuk olduğundan erişkinliğe kadar yaşayabileceğine kimsenin ihtimal vermediği Nobel, anne babasından ve kardeşlerinden daha uzun yaşadı. Çekingen, son derece düşünceli, işkolik, şüpheci, yalnız ve iyiliksever bir insan olarak tarif edilen Nobel, gerçekten korkunç bir silahın caydırıcı etkisiyle dünyaya kalıcı barış getireceğine samimi olarak inan-

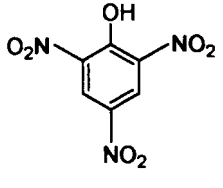
mıştı. Ne var ki, aradan bir yüzyıldan fazla zaman geçmiş olmasına ve şimdilerde insanlığın elinde gerçekten korkunç bir değil bir dolu silah bulunmasına karşın bu umut gerçekleşebilmiş değil. Nobel 1896 yılında İtalya'nın San Remo kasabasındaki evinde tek başına, çalışma masasının başında öldü. Muazzam servetini kimya, fizik, tıp, edebiyat ve barış alanlarında her yıl başarılı araştırmacılara ödül olarak dağıtılması için bağışladı. 1968 yılında İsveç Bankası, Alfred Nobel'in anısına ekonomi alanında da bir ödül koydu. Günümüzde Nobel Ödülü olarak adlandırılmasına karşın bu, orijinal vakfın bir parçası değildi.

SAVAŞ VE PATLAYICILAR

Nobel'in icadı, tüfekler dinamitin muazzam patlama gücüne dayanamayacağı için mermileri fırlatacak itki kaynağı olarak kullanılamıyordu. Ama askeri yetkililer baruttan daha güçlü olan, kara dumanlar çıkarmayan, kullanımı güvenli olan ve kolay doldurulabilen bir patlayıcı arayışını sürdürüyorlardı. 1880'lerin başlarından itibaren nitroselüloz (barutpamuğu) ya da nitroselüloz ve nitrogliserin karışımının çeşitli formülasyonları "dumansız barut" olarak kullanılmıştı ve bugün de ateşli silahlarda kullanılan patlayıcıların temelini oluşturuyorlar. Top ve öteki ağır silah mermilerinin itki kaynağı seçenekleriyse o kadar kısıtlı değil. Birinci Dünya Savaşı sırasında silahlarda kullanılan mühimmat büyük ölçüde pikrik asit ve trinitrotoluen içeriyordu. İlk kez 1771 yılında sentezlenmiş, parlak sarı renkte katı bir madde olan pikrik asit, başlangıçta ipek ve yün için yapay bir boya olarak kullanılmıştı. Bu madde üçlü nitratlanmış bir fenoldür ve yapılması görece kolaydır.



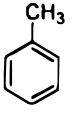
Fenol



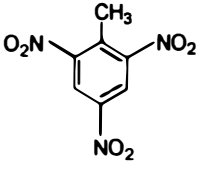
Trinitrofenol ya da pikrik asit

1871'de, yeterli güçte bir ateşleyici kullanıldığında pikrik asidin patlatılabileceği keşfedilmişti. İlk kez 1885'te Fransızlar tarafından top mermilerinde kullanılan pikrik asit, daha sonra İngilizler tarafından 1899-1902'de (Güney Afrika'daki Hollanda asıllı göçmenlere karşı) Boer Savaşları'nda kullanılmıştı. Ancak, ıslak pikrik asit zor ateşlenebildiğinden, silahlar yağmurlu ya da rutubetli havalarda tutukluk yapabiliyordu. Ayrıca madde asidikti ve metallerle tepkimeye girerek "pikrat" denen, şoka duyarlı pikrik asit türevleri oluşturuyordu. Şoka duyarlılık da top mermilerinin hedefe değer değmez patlamalarına yol açıyor ve böylece mermi kalın zırh tabakalarını delip geçemiyordu.

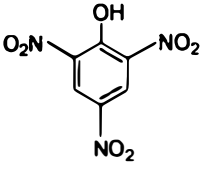
Pikrik asitle kimyasal olarak benzeşen ve *tri*, *nitro* ve *toluen*'in baş harflerinin birleşmesiyle kısaca TNT olarak bilinen trinitrotoluen, mühimmat için daha uygun bir bileşikti.



Toluen



Trinitrotoluen ya da TNT



Pikrik asit

TNT asidik değildi, rutubetten etkilenmiyordu ve görece düşük bir erime noktası olduğu için kolayca eritilip bomba ve top mermilerinin içine dökülebiliyordu. Pikrik asitten daha zor ateşlendiği için darbeye daha dirençliydi ve dolayısıyla da zırh delme yeteneği daha yüksekti. TNT formülündeki oksijenin karbona oranı nitrogliserine kıyasla daha düşük olduğundan, karbonu tümüyle karbondiokside, hidrojeni de suya dönüşmez. Tepkime şu şekilde gösterilebilir:

$$\underset{\text{TNT}}{2C_7H_5N_3O_{6(k)}} \rightarrow \underset{\text{karbondioksit}}{6CO_{2(g)}} + \underset{\text{hidrojen}}{5H_{2(g)}} + \underset{\text{nitrojen}}{3N_{2(g)}} + \underset{\text{karbon}}{8C_{(k)}}$$

Bu tepkimede üretilen karbon, TNT patlamalarında nitrogliserin ve nitroselüloz patlamalarına kıyasla daha çok duman çıkmasının nedenidir.

Birinci Dünya Savaşı'nın başlarında TNT tabanlı mühimmat kullanan Almanya, hâlâ pikrik asit kullanan İngiliz ve Fransızlara karşı belirgin bir üstünlüğe sahipti. Ama kısa süre içinde İngiltere de TNT üretimini artırdı ve ABD'deki fabrikalardan büyük miktarlarda gelen TNT'nin de desteğiyle bu kilit önemdeki molekülü içeren benzer kalitede top mermisi ve bomba üretmeye başladı.

Bir başka molekül –amonyak (NH_3)– Birinci Dünya Savaşı'nda daha da kritik bir önem kazandı. Bir nitro bileşiği olmamasına karşın amonyak, patlayıcı üretiminde gereken nitrik asit (HNO_3) için başlangıç malzemesidir. Nitrik asit büyük olasılıkla uzun zamandır biliniyordu. MS 800 yıllarında yaşamış büyük İslam simyacısı Cabir İbn Hayyan nitrik asidi biliyor olmalıydı ve büyük olasılıkla da, güherçileyi (potasyum nitrat) o zamanlar yeşil kristalleri nedeniyle yeşil cam (vitriol) olarak bilinen demir sülfatla birlikte ısıtarak elde etmişti. Bu tepkimede ortaya çıkan nitrojen dioksit gazı baloncuklar halinde suya karıştırılarak seyreltik bir nitrik asit elde ediliyordu.

Nitratlar suda çok çabuk çözündükleri ve eriyip gittikleri için doğada yaygın olarak bulunmazlar; ama Şili'nin kuzeyindeki son derece kurak çöllerde Şili güherçilesi de denen muazzam sodyum nitrat tortulları, son iki yüzyıldır nitrik asidin doğrudan üretimi için bir nitrat kaynağı olarak kullanılmıştır. Bu süreçte sodyum nitrat, sülfürik asitle birlikte ısıtılır. Ortaya çıkan nitrik asit, sülfürik aside kıyasla daha düşük bir kaynama noktasına sahip olduğundan buharlaşır ve yoğunlaştırılıp soğutma kaplarında toplanır.

$$\underset{\text{sodyum nitrat}}{NaNO_{3(k)}} + \underset{\text{sülfürik asit}}{H_2SO_{4(s)}} \rightarrow \underset{\text{sodyum bisülfat}}{NaHSO_{4(k)}} + \underset{\text{nitrik asit}}{HNO_{3(g)}}$$

Birinci Dünya Savaşı'nda Almanya'nın Şili güherçilesi ithalatı, İngiltere'nin deniz ablukası nedeniyle kesilmişti. Nitratlar patlayıcı üretimi için gereken stratejik kimyasallar oldukları için Almanya'nın başka bir kaynak bulması gerekiyordu.

Nitratların kıtlığına karşılık, nitratları oluşturan iki element –nitrojen ve oksijen– dünyamızda bol miktarda bulunur. Atmosferimiz yaklaşık olarak yüzde 20 oksijen, yüzde seksen de nitrojen gazlarından oluşur. Oksjen (O_2) kimyasal olarak reaktiftir ve birçok ele-

mentle kolayca birleşir; ama nitrojen molekülü (N_2) görece asaldır, yani başka elementlerle tepkimeye girmeye yatkın değildir. Yirminci yüzyılın başında nitrojeni "bağlama", yani başka elementlerle kimyasal tepkime yoluyla atmosferden söküp alma yöntemleri bilinmekle birlikte fazla gelişkin değildi.

Alman kimyacı Fritz Haber bir süredir havadaki nitrojeni hidrojenle birleştirip amonyak üretecek bir süreç üzerinde çalışmaktaydı.

$$\underset{\text{nitrojen}}{N_{2(g)}} + \underset{\text{hidrojen}}{3H_{2(g)}} \rightarrow \underset{\text{amonyak}}{2NH_{3(g)}}$$

Haber atmosferde inert haldeki nitrojeni kullanma sorununu, mümkün olan en az maliyetle en çok amonyak üretecek tepkime koşullarıyla (yüksek basınç, yaklaşık 400-500 °C sıcaklık ve amonyağı ortaya çıkar çıkmaz çekip alma yöntemleri) çözmeyi başarmıştı. Haber'in çalışmalarının önemli bir bölümünü, bu yavaş tepkimenin hızını artırmak için bir katalizör bulma çabaları oluşturuyordu. Deneyleri, sentetik gübre sanayii için amonyak üretimine yönelikti. O sıralar dünyanın gübre gereksiniminin üçte ikisi Şili'deki güherçile tortullarından sağlanıyordu ve bu kaynak azalmaya yüz tuttuğundan amonyak için sentetik bir yol bulmak gerekiyordu. 1913 yılında dünyanın ilk sentetik amonyak fabrikası Almanya'da kuruldu ve daha sonra İngiliz ablukası Şili'den nitrat ithalatını durdurunca, bugün hâlâ aynı isimle anılan Haber yöntemi, amonyağın sadece sentetik gübre üretiminde değil mühimmat ve patlayıcı üretiminde de kullanılabilmesi için hızla başka fabrikalarda da uygulanmaya başladı. Bu yolla üretilen amonyak, ardından oksijenle tepkimeye sokularak nitrik asidin öncülü olan nitrojen dioksit elde ediliyordu. Artık gübre için amonyak, patlayıcı nitro bileşikleri için de nitrik asit üretebilen Almanya açısından İngiliz ablukasının bir anlamı kalmamıştı. Nitrojen bağlama, savaşmak için yaşamsal önemde bir faktör haline gelmişti.

Daha bol miktarlarda sentetik gübre üretilmesini, dolayısıyla da tarımın dünya nüfusunu besleme kapasitesinin artmasını sağlayan amonyak sentezinde oynadığı rolden ötürü 1918 Nobel Kimya Ödülü Fritz Haber'e verildi. Ödülün kime verildiğinin açıklanması, Fritz

Haber'in Birinci Dünya Savaşı'nda Almanya'nın kullandığı zehirli gazların üretimindeki rolü nedeniyle şiddetli protestolara yol açtı. 1915 yılında Belçika'daki Ypres bölgesinde üç kilometrelik bir cephe hattı boyunca klor gazı silindirlerinin boşaltılması sonucu 5.000 kişi ölmüş, 10.000 kişi de klor nedeniyle ağır akciğer hasarına uğramıştı. Haber'in yönetimindeki zehirli gaz programı çerçevesinde hardal gazı ve fosgen de dahil olmak üzere birtakım yeni maddeler de denenmiş ve savaşta kullanılmıştı. Gaz kullanımının savaşın sonucu üzerinde tayin edici bir etkisi olmamıştı; ama birçok meslektaşının gözünde Haber'in dünya tarımı için öylesine önem taşıyan önceki büyük keşfi, binlerce kişinin zehirli gazlara maruz bırakılmasının korkunç sonuçlarını telafi etmiyordu. Birçok bilimcinin gözünde bu koşullarda Haber'e Nobel Ödülü verilmesi bir fiyaskoydu.

Haber sıradan savaş yöntemleriyle gaz savaşı arasında bir fark görmüyordu ve tartışmalardan çok rahatsız olmuştu. 1933 yılında Almanya'nın saygın Kaiser Wilhelm Fiziksel Kimya ve Elektrokimya Enstitüsü'nün başkanlığını yürütürken, Nazi Hükümeti ondan yönetimi altındaki tüm Yahudi personeli kovmasını emretti. O zamanlar için ender bir cesaret örneği gösteren Haber, emri yerine getirmeyi reddederek istifa mektubunda şöyle yazdı: "Kırk yılı aşan bir süre boyunca çalışma arkadaşlarımı büyükannelerine değil zekâlarına ve karakterlerine bakarak seçtim ve çok yararını gördüğüm bu yöntemi hayatım boyunca değiştirmeye de niyetli değilim."

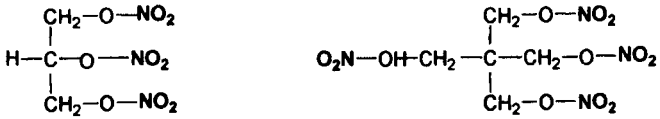
Günümüzde hâlâ Haber yöntemiyle yapılan amonyak üretimi dünya genelinde yıllık 140 milyon tonu buluyor ve bunun büyük bölümü, dünyadaki en önemli gübre olan amonyum nitrat (NH_4NO_3) üretiminde kullanılıyor. Amonyum nitrat ayrıca madenlerde ocak açmak için yüzde 95 amonyum nitrat ve yüzde 5 yağ yakıt (fuel oil) karışımıyla patlayıcı olarak da kullanılıyor.

$$\underset{\text{amonyum nitrat}}{2NH_4NO_{3(k)}} \rightarrow \underset{\text{nitrojen}}{2N_{2(g)}} + \underset{\text{oksijen}}{O_{2(g)}} + \underset{\text{su}}{4H_2O_{(g)}}$$

Yukarıda görülen patlayıcı tepkimede nitrojen ve buharın yanı sıra oksijen de üretilir. Oksijen gazı da karışımdaki yağ yakıtı oksitleyerek patlamayla açığa çıkan enerjiyi artırır.

Amonyum nitrat, doğru kullanıldığında son derece güvenli bir patlayıcı olarak değerlendirilir; ama yetersiz güvenlik önlemleri ya da terör örgütlerince gerçekleştirilen bombalama eylemleri sonucu bir dizi felaketin de sorumlusu olmuştur. 1947 yılında Texas eyaletinin liman kenti olan Texas City'de, kâğıt poşetlere koyulmuş amonyum nitrat gübresi yüklenmekte olan bir geminin ambarında yangın çıktı. Ateşi söndürmek için gemi mürettebatı ambar kapaklarını kapattı ve bu da maalesef amonyum nitratın patlaması için gerekli sıcaklık ve basınç koşullarını yerine getirdi. Meydana gelen patlamada beş yüzden fazla insan öldü. Teröristlerce amonyum nitrat bombalarının kullanıldığı daha yakın tarihli eylemler arasında, 1993 yılında New York'taki Dünya Ticaret Merkezi'nde ve 1995 yılında da Oklahoma City'deki Alfred P. Murrah Federal Yönetim Dairesi'nde gerçekleşen bombalamalar sayılabilir.

Daha yakın zamanlarda geliştirilen patlayıcılardan biri olan pentaeritritoltetranitrat da (kısaca PETN), onu yasal amaçlar için son derece yararlı kılan bazı özellikleri nedeniyle ne yazık ki teröristlerin gözde silahlarından biri haline gelmiştir. PETN, kauçukla karıştırılıp istenen her biçime sokulabilen plastik patlayıcıya dönüştürülebilir. PETN karmaşık bir kimyasal ada sahip olsa da yapısı o kadar karmaşık değildir. Kimyasal olarak nitrogliserine benzemekle birlikte, üç yerine beş karbona ve fazladan bir nitro grubuna daha sahiptir.



Nitrogliserin (solda) ve pentaeritritoltetranitrat (PETN) (sağda). Nitro grupları koyu fontlarla gösterilmiştir.

PETN kolayca patlatılan, şoka duyarlı, çok güçlü bir maddedir ve özel yetiştirilmiş köpeklerin bile algılamakta zorlanacakları çok hafif bir kokusu vardır; bu yüzden de uçakları hedef alan bombalama eylemleri için aranan patlayıcı haline gelmiştir. Bu madde 1988 yılında Pan Am havayolunun 103 sefer sayılı yolcu uçağını İskoçya'nın Lockerbie kasabası yakınlarında düşüren bombanın parçası

olarak olumsuz bir şöhret kazanmıştır. 2001 yılında Paris'ten kalkan American Airlines uçağında ayakkabılarının tabanlarında gizlediği PETN'yi patlatma girişimi son anda engellenen "ayakkabı bombacısı" olayı, bu şöhreti daha da pekiştirmiştir. Bu olayda felaket, yolcuların ve mürettebatın hızlı müdahalesiyle kılpayı engellenebilmiştir.

Patlayıcı nitro moleküllerinin rolü savaşlar ve terörizmle sınırlı değildir. Güherçile, kükürt ve odunkömürü karışımının gücünün, 1600'lerin başlarında Kuzey Avrupa'da madencilikte kullanıldığını gösteren kanıtlar vardır. Atlantik'i Akdeniz'e bağlayan ilk yapay suyolu olan Fransa'daki Canal du Midi'nin geçtiği Malpas Tüneli (1679), barutun yardımıyla inşa edilen pek çok kanal tünelinin yalnızca ilkidir. 1857-71 yılları arasında Fransız Alpleri'nde açılan Mont Cenis ya da Fréjus demiryolu tüneli inşaatı, patlayıcı moleküllerin o zamanlar için rekor düzeyde kullanıldığı bir girişimdi ve Fransa'dan İtalya'ya kolay bir geçiş sağlayarak Avrupa'da seyahatin çehresini değiştirdi. Daha sonra geliştirilen patlayıcı nitrogliserin, ilk kez 1855-66 yılları arasında ABD'nin Massachusetts eyaletindeki North Adams kasabası yakınlarında bulunan Hoosac demiryolu tüneli inşaatında kullanıldı. Dinamitle de büyük mühendislik başarıları elde edildi. Rocky Mountains'ın Kanada'daki bölümü arasından okyanusa geçit açan Kanada Pasifik Demiryolu'nun tamamlanması (1885), 80 kilometre uzunluğundaki Panama Kanalı'nın açılması (1914) ve Kuzey Amerika'nın batı kıyısı açıklarında seyrüsefer için tehlike oluşturan Ripple Rock'un, dünya tarihinde insan eliyle gerçekleştirilmiş –nükleer olmayan– en şiddetli patlamayla yok edilmesi (1958) bunlar arasında sayılabilir.

MÖ 218 yılında Kartacalı general Anibal, büyük ordusu ve kırk tane filiyle Roma İmparatorluğu'nun kalbine bir saldırı için Alp dağlarını aşmış, o zamanların standart ama son derece yavaş olan yol inşa yöntemini kullanmıştı: Geçitleri tıkayan kayalar büyük ateşlerle ısıtılıyor; ardından üzerlerine soğuk su dökülerek çatlatılıyordu. Eğer Anibal'in elinde patlayıcılar olsaydı, Alplerden hızlıca geçerek Roma'da zafere ulaşabilir ve tüm Batı Akdeniz'in kaderi çok daha farklı olabilirdi.

Vasco de Gama'nın Calicut'un hükümdarlarını bozguna uğratması, Hernán Cortés'in bir avuç İspanyol "fatihiyle" Aztek İmparatorluğu'nu fethetmesi, 1854 yılındaki Balaklava Muharebesi'nde İngiliz ordusunun hafif süvari tugayının Rusya'nın sahra bataryalarına saldırısı gibi olaylarda, patlayıcı güdümlü silahlar daima ok ve yaylara, mızraklara, kılıçlara üstün geldi. Dünyamızı biçimlendirmiş sistemler olan emperyalizm ve sömürgecilik, silahların gücüne dayanıyordu. Savaşta ve barışta, yıkımda ve inşada patlayıcı moleküller uygarlığı öyle veya böyle değiştirdi.

6

İPEK VE NAYLON

PATLAYICI MOLEKÜLLER *ipek* sözcüğünün zihnimizde uyandırdığı lüks, yumuşaklık, dökümlülük ve parlaklık imgelerinden çok uzak olabilir. Ne var ki patlayıcılarla ipek arasında, yeni materyallerin, yeni tekstillerin ve yirminci yüzyılda da yepyeni bir endüstrinin kurulmasına yol açan kimyasal bir bağ vardır.

İpek her zaman zenginlerin değer verdiği bir kumaş olmuştur. Günümüzde doğal ya da yapay liflerin oluşturduğu geniş yelpazeye karşın, ipek hâlâ yeri doldurulamaz bir materyal olarak görülür. İpeği uzun zamandır böylesine arzu edilir kılan özellikleri –okşayıcı yumuşaklığı, soğukta verdiği sıcaklık, sıcakta verdiği serinlik duygusu, harika parlaklığı ve boyaları öyle güzel tutması– yapısından kaynaklanır. Nihayetinde Doğu ile bilinen dünyanın geri kalanı arasındaki ticaret yollarını açan da bu olağanüstü maddenin kimyasal yapısıdır.

İPEĞİN YAYILIŞI

İpeğin tarihi dört bin beş yüz yıldan daha geriye gider. Efsaneye göre Çin İmparatoru Huang-ti'nin baş cariyesi Prenses Hsi-ling-şi, çayına düşen bir böcek kozasından incecik bir ipliğin ayrılabildiğini gözlemiş. Bu hikâye doğru mudur uydurma mıdır bilinmez; ama Çin'de ipek üretiminin, yalnızca dut ağacı *Morus alba*'nın yaprakla-

rıyla beslenen küçük gri bir kurt olan ipekböceği *Bombyx mori*'nin yetiştirilmesiyle başladığı kesindir.

Çin'de yaygın olan ipekböceği güvesi beş günlük bir süre içinde yaklaşık 500 yumurta bıraktıktan sonra ölür. Bu küçücük yumurtaların bir gramından 1000'den fazla ipekböceği çıkar ve bunlar hep birlikte 36 kilo kadar taze dut yaprağı tüketerek yaklaşık 200 gram ham ipek üretirler. Yumurtalar önce 18,5 °C'de tutulduktan sonra yavaş yavaş 25 °C'lik çatlama sıcaklığına taşınır. Yumurtadan çıkan kurtlar, temiz, iyi havalandırılan tepsiler içinde dut yapraklarıyla oburca beslenip birçok kez deri değiştirirler. Bir ay sonra örme tepsilerine ya da çerçevelerine alınarak burada birkaç günde kozalarını örerler. İpekböceği tek bir kesintisiz ipek ipliği üretir ve bu, kozaya sarılan iplik sıralarını bir arada tutan yapışkan bir salgıyla birlikte salınır. Böcek başını sürekli olarak sekiz sayısı biçiminde sallayarak sık bir koza örer ve içinde kendini bir krizalite dönüştürür.

İpeği elde etmek için kozalar –içlerindeki krizalitleri öldürmek amacıyla– ısıtılır ve daha sonra iplikleri bir arada tutan yapışkan salgının çözülmesi için kaynar suya atılır. Saf ipek ipliği daha sonra kozadan sökülerek makaralara sarılır. Bir kozadan çekilen ipliğin uzunluğu 400 metreden neredeyse üç kilometreye kadar değişebilir.

İlk keşiften sonra ipekböceği yetiştiriciliği ve üründen elde edilen ipek kumaş kullanımı Çin'de hızla yayıldı. Başlangıçta ipek imparator ailesi ve soyluların ayrıcalığıydı. Daha sonraysa fiyatının hâlâ yüksek olmasına karşın sıradan insanların da ipek giysiler giymelerine izin verildi. Güzel dokunmuş, zengin motiflerle süslenmiş ve maharetle boyanmış ipek kumaşa büyük değer veriliyordu. Çok kıymetli bir ticaret ve değiştokuş aracı, hatta bir nevi para haline gelmişti; ödüller ve vergiler bazen ipekle ödeniyordu.

Yüzyıllar boyu, Orta Asya'dan geçen ve topluca İpek Yolu diye anılan ticaret yollarının açılmasından çok daha sonraya kadar Çinliler ipek üretiminin ayrıntılarını sır olarak sakladılar. İpek Yolu'nun güzergâhı yüzyıllar boyunca yol üstündeki yerlerin siyasi durumuna ve güvenliğine bağlı olarak değişim gösterdi. En uzun durumunda Çin'in doğusundaki Pekin'den başlayarak yaklaşık on bin kilometre batıya, o zamanlar Byzantium olan şimdiki İstanbul'a ve Akdeniz'de de Antakya ve Sur kentlerine uzanıyor, bazı büyük anayol-

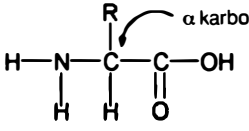
lar da kuzey Hindistan'a kıvrılıyordu. İpek Yolu'nun bazı kesimlerinin tarihi günümüzün dört bin beş yüz yıl gerisine kadar gider.

İpek ticareti ağır işleyen bir süreçle yayıldı; ama MÖ birinci yüzyılda ipek kumaşlar Batı'ya düzenli olarak gelmeye başlamıştı. Japonya'da ise ipekçilik MS 200 yıllarında başladı ve dünyanın geri kalanından bağımsız olarak gelişti. İpek ticaretinde İranlılar hemen aracı rolünü üstlendiler. Üretim üzerinde tekellerini sürdürmek için Çinliler ipekböceği, ipekböceği yumurtası ya da beyaz dut ağacı tohumlarının ülkeden çıkarılmasını ölüm cezasıyla önlemeye çalıştılar. Ancak bir hikâyeye göre, 552 yılında Nestoryen Kilisesi'nden iki keşiş, içi boş bastonlara doldurdukları ipekböceği yumurtaları ve dut tohumlarını İstanbul'a kaçırmayı başardı. Bu, ipek üretiminin Batı'da da başlamasına kapıyı açtı. Eğer doğruysa bu hikâye, sanayi casusluğunun kayda geçmiş ilk örneği sayılabilir.

İpekböcekçiliği Akdenizin her yanına yayıldı ve on dördüncü yüzyıla gelindiğinde İtalya'da, özellikle de Venedik, Lucca ve Floransa gibi kentlerin ağır ipek brokar ve ipek kadifelerle ün kazandığı kuzeyde hızla gelişen bir sanayi haline geldi. Bu bölgelerden kuzey Avrupa'ya ipek ihracatının, İtalya'da bu sıralarda başlayan Rönesans hareketinin parasal temellerinden biri olduğu düşünülüyor. İtalya'daki siyasi istikrarsızlıktan kaçan ipek dokumacıları, Fransa'nın ipek endüstrisinde hatırı sayılır bir güç haline gelmesini sağladı. 1466 yılında XI. Louis, Lyons kentindeki ipek dokumacılarına vergi bağışıklığı tanıdı, dut ağaçları ekilmesi talimatını verdi ve saray için ipek üretilmesini emretti. İzleyen beş yüzyıl boyunca Avrupa'nın ipekböcekçiliği merkezi Lyons ve çevresi olacaktı. On altıncı yüzyılın sonlarına doğru Kıta Avrupasındaki dini baskılardan kaçan Flaman ve Fransız dokumacıların gelmesiyle İngiltere'de Macclesfield ve Spittalfield, incelikle dokunmuş ipeklerin üretildiği merkezler oldu. Kuzey Amerika'da ipekböceği yetiştirmek için yapılan çeşitli girişimler ticari başarı kazanamadı. Bununla birlikte, kolayca mekanikleştirilebilen süreçler olan eğirme ve dokuma faaliyetleri gelişti ve yirminci yüzyılın başlarında ABD dünyanın belli başlı ipek eşya üreticileri arasında yerini aldı.

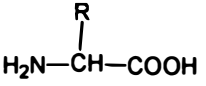
PARLAKLIK VE IŞILTININ KİMYASI

Öteki hayvansal lifler (yün, kıl vb.) gibi ipek de bir proteindir. Proteinler yirmi iki farklı α-amino asitten yapılır. Bir α-amino asidin kimyasal yapısında bir amino grubu (NH_2) ve bir organik asit grubu (COOH) vardır; NH_2 grubu α karbonun, yani COOH grubuna bitişik karbonun üzerine gelecek şekilde aşağıdaki gibi dizilmiştir:



Bir α-amino asit için genelleştirilmiş yapı

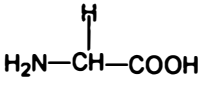
Bu, çoğu kez sıkıştırılmış biçimiyle daha basit olarak şöyle çizilir:



Genelleştirilmiş α-amino asit yapısının sıkıştırılmış biçimi

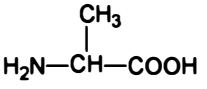
Bu yapılarda R, her amino asit için farklı bir grubu ya da atom bileşimini temsil eder. R için yirmi iki farklı yapı vardır ve yirmi iki amino asidi meydana getiren de budur. R grubu bazen yan grup ya da yan zincir diye de adlandırılır. Bu yan grubun yapısı ipeğin kendine has özelliklerini ve tabii tüm öteki proteinlerin özelliklerini belirler.

En küçük ve yalnızca bir atomdan oluşan tek yan grup, hidrojen atomudur. Bu R grubunun H olması durumunda, amino asidin adı *glisin*'dir ve yapısı aşağıdaki gibidir:

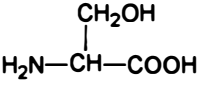


Amino asit glisin

Öteki basit yan gruplar, *alanin* ve *serin* adlı amino asitleri ortaya çıkaran CH_3 ve CH_2OH'dir.



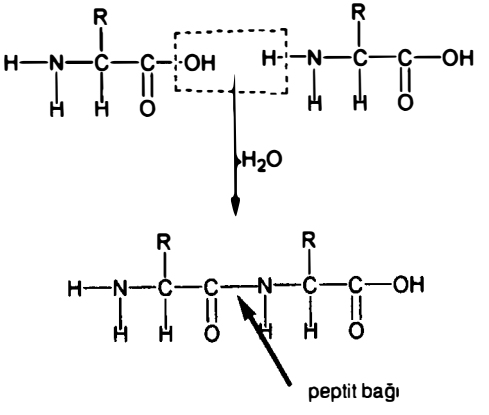
Alanin



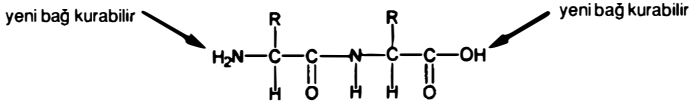
Serin

Bu üç amino asit, tüm amino asitler içinde en küçük yan grupları olanlardır. Aynı zamanda ipekteki en yaygın amino asitler olup üçü bir arada ipeğin yapısının yaklaşık yüzde 85'ini meydana getirirler. İpek amino asitlerindeki yan grupların fiziksel bakımdan çok küçük olmaları, ipeğin yumuşaklığında önemli bir faktördür. Bunlara kıyasla öteki amino asitlerin çok daha büyük, fazlasıyla karmaşık yan grupları vardır.

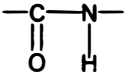
Selüloz gibi, ipek de bir polimer, yani tekrarlayan birimlerden oluşmuş bir makromoleküldür. Ancak, tekrarlayan parçaların hepsinin aynı olduğu pamuk polimeri selülozun tersine, protein polimerlerinin tekrarlayan birimleri –amino asitler– biraz farklılık gösterir. Amino asitlerin bir polimer oluşturan parçaları birbirinin aynıdır. Farklı olan, her amino asitteki yan gruptur.



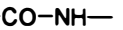
İki amino asit, aralarından bir su molekülü çıkararak, yani NH_2 grubundan ya da molekülün amino ucundan bir H molekülü, COOH' den yani asit ucundan da bir OH atarak birleşirler. İki amino asit böylece bir *amit grubu* oluşturur. Bu birleşmede bir amino asidin karbonuyla ötekinin nitrojeni arasında kurulan bağ da *peptit bağı* diye adlandırılır. Tabii bu yeni molekülün bir ucunda hâlâ, bir başka amino asitle peptit bağı oluşturabilecek OH, öteki ucundaysa yine başka bir amino asitle peptit bağı oluşturabilecek bir NH_2 (H_2N biçiminde de yazılabilir) vardır.



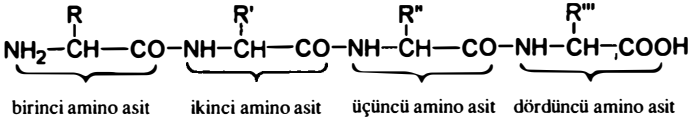
Aşağıda yapısı görülen amit grubu:



genellikle aşağıdaki gibi, yerden kazanım sağlayacak biçimde gösterilir:

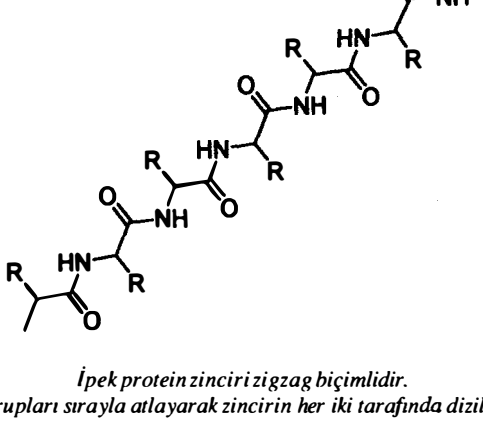


İki amino asit daha eklediğimizde, elimizde amit bağlantılarıyla birleşmiş dört amino asit bulunur:



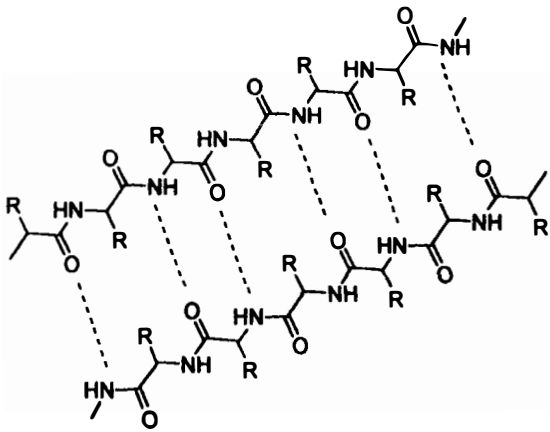
Dört amino asit olduğuna göre, yukarıda R, R', R" ve R'" diye gösterilen dört de yan grup vardır. Bu yan grupların hepsi aynı olabileceği gibi, bazıları aynı olabilir ya da her biri farklı olabilir. Zincirde dört amino asit bulunmasına karşın, bunların çok büyük sayıda farklı kombinasyonları vardır. R, yirmi iki amino asitten herhangi biri olabilir; R', R" ve R'" için de aynı şey geçerlidir. Bu da 22^4 ya da 234.256 farklı olasılık demektir. Vücutta pankreas tarafından salgılanan ve glukoz metabolizmasını düzenleyen hormon olan insülin gibi çok küçük bir protein bile 51 amino asit içerir; dolayısıyla insülin için olası kombinasyonların sayısı 22^{51} ($2{,}9 \times 10^{68}$) olur ki, bu da hayal edemeyeceğimiz ölçüde büyük bir sayıdır.

İpekteki amino asitlerin yüzde 80-85'inin tekrarlayan bir glisin-serin-glisin-alanin-glisin-alanin dizisinden oluştuğu tahmin ediliyor. Bir ipek protein polimer zinciri, yan grupların bir bu tarafta bir öteki tarafta kalacak şekilde sıralandığı zigzag biçimli bir dizilim gösterir.



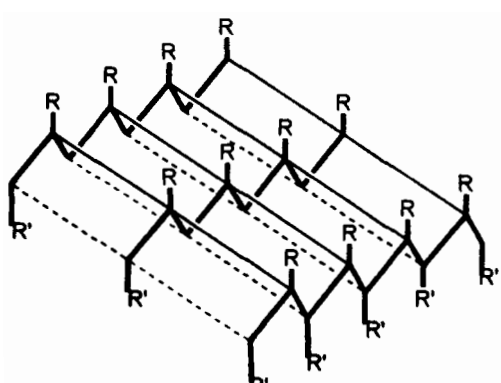
İpek protein zinciri zigzag biçimlidir.
R grupları sırayla atlayarak zincirin her iki tarafında dizilidir.

Protein molekülünün zincirleri, komşu zincirler birbirinin tersi yöne gidecek biçimde paralel olarak dizilir. Birbirlerine –aşağıdaki noktalı çizgilerle gösterildiği gibi– moleküler kolların karşılıklı çekimiyle bağlıdırlar.



Yan yana dizili protein zincirleri arasındaki çekim, ipek moleküllerini bir arada tutar.

Bu, protein zincirinde atlamalı dizilmiş R gruplarının yukarı ya da aşağı baktığı, üst üste binen (pileli) bir yüzey görünümü ortaya çıkarır. Bu yapı şöyle gösterilebilir:



Pileli yüzey görünümü: Kalın çizgiler protein amino asit zincirlerini temsil ediyor. Burada R grupları yüzeyin üstünde kalırken, R' grupları (görülebilenleri) yüzeyin altında kalıyor. İnce ve noktalı çizgiler, protein zincirlerini bir arada tutan çekim kuvvetlerini gösteriyor.

Pileli yüzey yapısından kaynaklanan esnek yapı kumaşın sünmesini önler ve ipeğin fiziksel özelliklerinin pek çoğunu açıklar. Protein zincirleri sıkı bir yanaşık düzen içindedir; yüzeylerdeki küçük R gruplarının görece aynı boyutları, ipeğe pürüzsüzlük veren düzgün bir yüzey yaratır. Ayrıca bu düzgün yüzey ışık için de iyi bir yansıtıcı olduğundan, ipeğe karakteristik parlaklığını kazandırır. Dolayısıyla ipeğin öylesine değer verilen özelliklerinin birçoğu, protein yapısındaki küçük yan gruplardan kaynaklanır.

İpek meraklıları ayrıca, ipek moleküllerinden bazılarının pileli genel yüzey yapısına uymamasından kaynaklanan ışıltıyı da çok severler. Bu düzensizlikler yansıyan ışığı kırarak yanıp sönen pırıltılara yol açar. Gerek doğal gerekse sentetik boyaları emmekte rakipsiz sayılan ipeği renklendirmek kolaydır. Bu özellik de yine düzgün pile yapısına uymayan kısımlardan kaynaklanır. İpeğin genel yapısını oluşturan amino asitlerden farklı olan bu yüzde 15-20'lik bölüm –yani glisin, alanin ya da serin olmayan amino asitlerin yan grupları– boya molekülleriyle kolayca bağ kurarak ipeğin o meşhur derin, zengin ve solmayan renklerini oluşturur. İpeği yüzyıllardır böyle çekici bir kumaş yapan işte budur: küçük yan grupların oluşturduğu pileli düzgün yüzeyin sağladığı sağlamlık, parlaklık ve pürüzsüzlüğe ek olarak, geri kalan farklı amino asitlerin sağladığı ışıltı ve boyama kolaylığı.

SENTETİK İPEK PEŞİNDE

Tüm bu özellikler ipeği taklidi kolay olmayan bir kumaş yapar. Ancak, ipeğin pahalı olması ve ona olan talebin büyüklüğü, sentetik bir türünün yapılması için on dokuzuncu yüzyılın sonlarından başlayarak birçok girişimde bulunulmasına yol açmıştır. İpek aslında çok basit bir moleküldür. Birbirine çok benzeyen moleküllerin tekrarından ibarettir. Ancak bu birimleri doğal ipekte görüldüğü gibi rasgele olanla olmayanın bir kombinasyonuyla birbirine bağlamak çok çetrefil bir kimya problemidir. Çağdaş kimyacılar şimdilerde çok küçük bir ölçekte belli bir protein lifindeki örüntünün aynısını oluşturabiliyorlar; ama süreç hem çok uzun zaman alıyor hem de güç. Bu

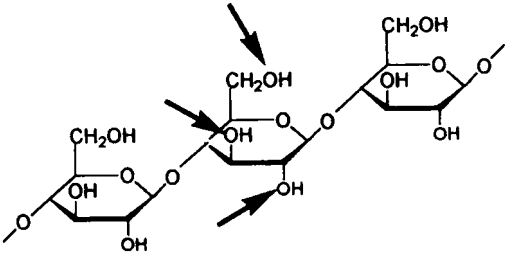
şekilde laboratuvarda üretilmiş bir ipek proteininin doğal üründen kat kat daha pahalı olması kaçınılmaz.

İpeğin kimyasal yapısının karmaşıklığı yirminci yüzyıla kadar anlaşılamadığından, sentetik bir türünü elde etme girişimleri şanslı rastlantılara dayanıyordu. 1870'lerin sonuna doğru Hilaire de Chardonnet adlı bir Fransız kontu, hobisi olan fotoğrafçılıkla ilgili olarak stüdyosunda çalışırken, kolodyon denen ve fotoğraf klişelerini kaplamada kullanılan nitroselüloz tabanlı maddenin döküldüğünde yapışkan bir kütle oluşturduğunu ve bundan ipeğe benzeyen uzun lifler çekilebildiğini gördü. Bu Chardonnet'ye yıllar önce görmüş olduğu bir şeyi hatırlatmıştı. Öğrenciyken profesörü –ünlü Louis Pasteur– ile birlikte Fransız ipek endüstrisi için büyük sorunlar çıkaran bir ipekböceği hastalığını araştırmak amacıyla güney Fransa'daki Lyons kentine gitmişti. Hastalığa neyin yol açtığını bulamamalarına karşın Chardonnet, ipekböceğini ve kozasını nasıl ördüğünü uzun uzadıya inceleme fırsatı bulmuştu. Bu bilgilerden faydalanan Chardonnet, kolodyon çözeltisini çok küçük bir dizi delikten süzmeyi denedi ve böylece ipek lifinin gerçeğe yakın ilk kopyasını üretti.

Sentetik ve *yapay* sözcükleri günlük dilde çoğu kez birbirinin yerine geçecek şekilde kullanılır ve birçok sözlükte eşanlamlı sözcükler olarak gösterilir. Oysa aralarında önemli bir kimyasal fark vardır. Konumuz açısından *sentetik*, insanlar tarafından kimyasal tepkimeler yoluyla yapılmış olan bileşikler için kullanılır. Ürün doğada bulunuyor ya da bulunmuyor olabilir. Eğer doğal olarak bulunuyorsa, sentetik biçimi de kimyasal olarak doğadakiyle aynı olmalıdır. Örneğin C vitamini de dediğimiz askorbik asit, bir laboratuvar ya da fabrikada sentezlenebilir. Sentetik C vitamininin kimyasal yapısı, doğal olanın tıpatıp aynısıdır.

Yapay sözcüğüyse daha çok bir bileşiğin özellikleriyle ilgilidir. Yapay bir bileşik, başka bir bileşikten farklı bir kimyasal yapıda olmasına karşın, ötekinin rolünü taklit edebilecek kadar benzer özelliklere sahiptir. Örneğin yapay bir tatlandırıcı, şekerle aynı yapıda değildir; ama önemli bir ortak özelliğe –tatlılığa– sahiptir. Yapay bileşikler çoğu kez insan yapımıdır ve dolayısıyla da sentetiktir; ama sentetik olmaları zorunlu değildir. Bazı yapay tatlandırıcılar doğada bulunur.

Chardonnet'nin ürettiği de sentetik olarak yapılmasına karşın sentetik değil yapay ipekti. (Bizim tanımlamamıza göre sentetik ipeğin hem insan yapımı hem de gerçek ipekle aynı özelliklere sahip olması gerekir.) *Chardonnet ipeği* diye tanınan bu ürün, bazı özellikleri açısından ipeğe benzemekle birlikte ipeğin tüm özelliklerini yansıtmıyordu. Kumaş yumuşak ve parlaktı, ama ne yazık ki bir kumaşta aranmayan bir özelliğe de sahipti: Çok kolay tutuşuyordu! Chardonnet ipeği bir nitroselüloz çözeltisinden eğiriliyordu ki, görmüş olduğumuz gibi selülozun nitratlanmış türleri alev alabilir; hatta molekülün nitratlanma derecesine bağlı olarak patlayabilir de.



Bir selüloz molekülünün parçası. Ortadaki glukoz birimi çevresindeki oklar, zincir boyunca her glukoz biriminde nitratlaşmanın gerçekleşebileceği OH birimlerini gösteriyor.

Chardonnet 1885 yılında keşfettiği yöntemin patentini aldı ve Chardonnet ipeğinin üretimi 1891 yılında başladı. Ancak, kumaşın kolay alev alması ticari şansını yok etti. Bir olayda, elindeki puroyla dans eden bir beyefendi, purosunun külünü partnerinin Chardonnet ipeğinden elbisesinin üzerine düşürdü. Elbisenin bir alev ve duman topu halinde bir anda yok olduğu anlatılır; hanımefendinin akıbetiyse muamma olarak kalmıştır. Bu olay ve fabrikada meydana gelen bir dizi başka kaza fabrikanın kapanmasına neden olduysa da, Chardonnet ipeğinden vazgeçmedi. 1895 yılına gelindiğinde biraz farklı bir yöntem kullanmaya başlamış ve nitratsızlaştırıcı bir madde içeren bu yöntem sonucunda, pamuktan daha yanıcı olmayan çok daha güvenli selüloz tabanlı bir yapay ipek üretmeyi başarmıştı.

İngiltere'de 1901 yılında Charles Cross ve Edward Bevan tarafından geliştirilen bir başka yöntem, yoğun kıvamı (viskozitesi) nedeniyle viskoz denen bir ürün ortaya çıkardı. Viskoz sıvısı basınçla ince delikli döner bir süzgeçten bir asit banyosuna akıtıldığında, viskoz ipeği denen ince bir iplik şeklinde yeniden oluşturuluyordu. Bu süreç hem 1910 yılında kurulan American Viscose Company, hem de 1921'de kurulan Du Pont Fibersilk Company (daha sonra Du Pont Corporation oldu) tarafından kullanıldı. 1938'e gelindiğinde, ipeği andıran ipeksi parlaklığa sahip kumaşlar için artan talebi karşılamak üzere yılda yaklaşık 135 bin ton viskoz ipeği üretiliyordu.

Viskoz yöntemi, şimdi rayon diye adlandırılan ve viskoz ipeğindeki gibi iplikleri selülozdan yapılan yapay ipek üretmenin temel yöntemi olarak bugün hâlâ kullanılıyor. Aynı ß-glukoz birimlerinden oluşmasına karşın, rayondaki selüloz hafif bir gerdirme altında yeniden oluşturulur ve bu da rayon ipliklerine daha belirgin bir parlaklık kazandırır. Saf beyaz renkte olan ve hâlâ aynı yapıyı koruyan rayon, tıpkı pamuk gibi herhangi bir renk ya da tona boyanabilir. Ancak rayonun bazı dezavantajları da vardır. İpeğin kolayca bükülen ama sünmeye dirençli olan pileli yüzey yapısı onu çorap için ideal kılarken, rayon selülozu su çekerek malzemenin sarkmasına yol açar. Bu da kadın çoraplarında kullanıldığında pek arzu edilen bir durum değildir.

NAYLON: YENİ BİR YAPAY İPEK

Farklı türden bir yapay ipeğe, rayonun iyi özelliklerine sahip ama zaaflarından muaf bir türüne gereksinim olduğu açıktı. Du Pont Fibersilk Company'de çalışan bir organik kimyacının geliştirdiği selüloz tabanlı olmayan naylon sahneye 1938 yılında çıktı. 1920'li yılların sonuna doğru Du Pont, pazara çıkmaya başlayan plastik malzemelerle ilgilenmeye başlamıştı. Harvard Üniversitesi'nde 31 yaşında bir organik kimyacı olan Wallace Carothers'a Du Pont adına neredeyse sınırsız bir bütçeyle bağımsız araştırma yapması önerildi. Carothers, 1928 yılında temel araştırma için kurulmuş olan yeni Du Pont laboratuvarında çalışmaya başladı. Böyle bir laboratuvar alı-

şılmış bir şey değildi; çünkü kimya endüstrisindeki genel uygulama, temel araştırmaların üniversitelere bırakılmasıydı.

Carothers polimerler üzerinde çalışmaya karar verdi. O sıralar kimyacıların büyük çoğunluğu, polimerlerin, bir araya kümelenen ve koloid diye adlandırılan molekül grupları olduğunu düşünüyordu. Fotoğrafçılıkta ve Chardonnet ipeğinde kullanılan nitroselüloz türevinin adı olan *kolodyon* da buradan gelir. Alman kimyacı Hermann Staudinger'in bayraktarlığını yaptığı bir başka görüşe göreyse polimerler son derece büyük moleküllerdi. O zamana kadar sentezlenmiş en büyük molekülün moleküler ağırlığı 4200'dü ve ünlü şeker kimyacısı Emil Fischer tarafından üretilmişti. (Karşılaştırmak için, basit bir su molekülünün ağırlığının yalnızca 18, bir glukoz molekülününkininse 180 olduğunu belirtelim.) Du Pont laboratuvarında çalışmaya başlamasının üzerinden bir yıl geçmeden Carothers, moleküler ağırlığı 5000'in üzerinde olan bir molekül meydana getirmişti. Ardından bu değeri 12.000'e çıkararak polimerlerin dev moleküller olduğu teorisine dair yeni kanıtlar ortaya koydu. Nitekim bu teori Staudinger'e 1953 Nobel Kimya Ödülü'nü getirdi.

Carothers'ın ilk polimeri, uzun ipliklerinin ipek gibi parlaması, kuruyunca da sert ve kırılgan olmaması nedeniyle başlangıçta ticari potansiyeli varmış gibi görünmüştü. Ama ne yazık ki sıcak suda eriyor, sıradan temizlik sıvılarında bozunuyor ve birkaç hafta içinde parçalanıyordu. Dört yıl boyunca Carothers ve ekibi farklı türden polimerler geliştirip özelliklerini incelediler ve en sonunda da, ipeğin özelliklerine sahip olmaya en çok yaklaşan ve "yapay ipek" diye betimlenmeyi en çok hak eden insan yapımı elyafı yani naylonu ürettiler.

Naylon bir poliamittir, yani –ipekte olduğu gibi– polimer birimleri amit bağlantılarıyla bir arada tutulur. Ancak, ipekte her bir amino asit biriminin bir asit ucu bir de amin ucu olmasına karşılık, Carothers'ın naylonunda iki ayrı monomer grubu vardı. Bunların biri iki asit grubundan, ötekiyse iki amin grubundan oluşuyor ve önce biri sonra öteki olmak üzere zincirde art arda diziliyordu. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, adipik asidin her iki ucunda da COOH asit grupları vardır:

$$HOOC — CH_2 — CH_2 — CH_2 — CH_2 — COOH$$

Adipik asidin, molekülün her iki ucunda da birer asit grubu olan yapısı. –COOH asit grubu, sol uçta gösterildiğinde ters olarak –HOOC biçiminde yazılır.

Çizim aşağıdaki gibi sıkıştırılmış biçimde de yazılabilir:

$$HOOC — (CH_2)_4 — COOH$$

Adipik asit molekülünün sıkıştırılmış yapısı.

Öteki moleküler birim olan 1,6-diaminohekzan, COOH asit gruplarının yerinde amino grupları (NH_2) bulunmasının dışında adipik asidinkine çok benzer bir yapıdadır. Yapı ve sıkıştırılmış biçimi aşağıdaki gibidir:

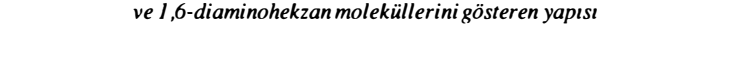
$$H_2N—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—NH_2$$

1,6-diaminohekzanın yapısı

$$H_2N—(CH_2)_6—NH_2$$

1,6-diaminohekzanın sıkıştırılmış yapısı

İpekteki amit bağlantısında olduğu gibi naylondaki amit bağlantısı da, iki molekülün uçlarından NH_2'den H atomu ve COOH'den de OH alarak meydana gelen bir su molekülünün atılmasıyla oluşur. Sonuçta ortaya çıkan ve -CO-NH- ya da tersi (-NH-CO-) biçiminde gösterilen amit bağı iki farklı molekülü birbirine bağlar. Bu açıdan, yani aynı amit bağlantısına sahip olduklarından, naylonla ipek kimyasal olarak benzerdir. Naylonun yapılışında 1,6-diaminohekzanın her iki amino ucu farklı moleküllerin asit uçlarıyla tepkimeye girer.



Naylonun, atlayarak sıralanan adipik asit ve 1,6-diaminohekzan moleküllerini gösteren yapısı



İkinci Dünya Savaşı'nın ertesinde polimer yeniden çorap yapımı için kullanılabildiğinde, kadınlar naylon çorapları satın almak–ve giymek–için yarıştılar. (Fotoğraf Du Pont'un koleksiyonundan)

Bu, giderek büyüyen naylon zincirinin iki ucuna iki farklı molekülün birer atlayarak eklenmesiyle sürer gider. Carothers'ın geliştirdiği naylon türü, her monomer biriminde 6 karbon atomu olduğundan "naylon 66" adını almıştır.

Naylonun 1938 yılındaki ilk ticari kullanımı, diş fırçası kılları biçiminde oldu. Ardından, 1939 yılında ilk naylon kadın çorapları pazara çıktı. Naylon, çorap için ideal polimer olduğunu kanıtladı. İpeğin beğenilen birçok özelliğine sahipti; pamuk ya da rayon gibi sarkmıyor ve buruşmuyordu; en önemlisi de ipekten çok daha ucuzdu. Naylon çoraplar muazzam bir ticari başarı öyküsü oldu. Piyasaya çıkışlarından bir yıl sonra 64 milyon çift naylon çorap üretilip satılmıştı. Bu ürüne olan tepki öylesine olumlu ve öylesine büyüktü ki, bugün bazı dillerde "naylon" kelimesi kadın çorabıyla eşanlamlı kullanılıyor. Olağanüstü güçlülüğü, dayanıklılığı ve hafifliğiyle naylon, kendine birçok başka üründe de yer buldu: balık oltaları için misina ve balık ağları, tenis ve badminton raketlerinin ağları, ameliyat iplikleri, elektrik tellerinin yalıtım kılıfları vb.

İkinci Dünya Savaşı sırasında Du Pont'un naylon üretiminde ağırlık, çoraplarda kullanılan ince liflerden, askeri kullanımlı daha kalın olanlara kaydı. Araba lastiklerinde kullanılan iplikler, sivrisineklere karşı cibinlikler, hava rasat balonları ve öteki askeri malzemeler, naylonun ana kullanım alanları oldu. Havacılıkta da naylon, paraşüt bezlerinde ipeğe mükemmel bir alternatif teşkil ediyordu. Savaşın sona ermesiyle birlikte naylon fabrikalarındaki üretim yeniden sivil ürünlere odaklandı. 1950'lere gelindiğinde naylonun çokyönlülüğü kendini hazır giyimde, kayak kıyafetlerinde, halılarda, döşemeliklerde, yelkenlerde ve başka birçok üründe gösteriyordu. Ayrıca mükemmel bir kalıp döküm bileşiği olduğu da ortaya çıktı ve ilk "mühendislik plastiği" –yani metal yerine kullanılabilecek kadar güçlü plastik– olarak kullanılmaya başladı. 1953'te yalnızca bu iş için 4.500 ton tutarında naylon üretilmişti.

Ne yazık ki Wallace Carothers, keşfinin ulaştığı başarıyı göremedi. Yaşlandıkça ağırlaşan bir depresyonun pençesindeydi ve sentezlediği polimer molekülünün dünyanın geleceğinde böyle başat bir rol oynayacağından habersiz olarak, 1937 yılında bir şişe siyanürle yaşamına son verdi.

İpek ve naylon ortak bir mirasa sahip. Bu yalnızca benzer bir kimyasal yapının ve çorap ile paraşüte son derece uygun olmanın çok ötesinde bir şey. Bu polimerlerin her ikisi de kendilerince zamanlarının ekonomik refahına büyük katkılarda bulundular. İpeğe olan talep yalnızca yeni ticaret yollarının açılmasına ve yeni ticaret anlaşmalarına yol açmakla kalmadı, ipek üretimine ya da ipek ticaretine dayanan kentlerin ortaya çıkıp gelişmesini, ayrıca ipekböcekçiliğinin yanı sıra gelişen boyama, eğirme ve dokuma gibi yeni endüstrilerin ortaya çıkmasını sağladı. İpek, dünyanın birçok bölgesine büyük bir zenginlik ve değişim getirdi.

İpeğin ve ipek endüstrisinin Avrupa ve Asya'da yüzyıllar boyunca giysilerde, döşemeliklerde ve sanatta modalar yaratması gibi, naylon ve daha birçok başka modern tekstil malzeme ve materyalinin ortaya çıkışı da dünyamız üzerinde derin etkiler yaptı. Bir zamanlar giysilerimizin hammaddelerini bitkiler ve hayvanlar sağlarken, şimdilerde birçok kumaş petrol rafinasyonunun yan ürünlerinden yapılıyor. Bir mal olarak petrol, bir zamanlar ipeğe ait olan yeri ele geçirmiş bulunuyor. Bir zamanlar ipek için olduğu gibi, petrol için artan talep yeni ticaret anlaşmalarına yol açmış, yeni ticaret yolları oluşturmuş, bazı kentlerin büyümesini, bazılarınınsa sıfırdan kurulmasını sağlamış, yeni endüstriler ve yeni iş olanakları yaratmış ve dünyanın birçok bölgesine büyük servetler ve büyük yenilikler getirmiştir.

7

FENOL

TÜMÜYLE İNSAN YAPIMI ilk polimer, Du Pont'un naylonundan yaklaşık yirmi beş yıl önce üretilmişti. Bu, Keşifler Çağı'nı tetiklediğini söylediğimiz baharat moleküllerinin bazılarının kimyasal yapılarıyla benzerlik gösteren bir bileşikten yapılmış, biraz rasgele biçimde çapraz bağlı bir materyaldi. Fenol adlı bu bileşik başka bir çağı, Plastik Çağı'nı başlattı. Ameliyat uygulamaları, nesli tükenme tehlikesi altındaki filler, fotoğrafçılık ve orkideler gibi birbiriyle ilgisiz görünen pek çok konuyla ilintisi olan fenoller, dünyayı dönüştüren birçok atılımda kilit rol oynadı.

STERİL AMELİYAT

1860 yılında bir hastanede –hele de ameliyat olmak üzere– bulunmak istemezdiniz. Hastaneler karanlık, pis ve havasızdı. Hastalar, çarşafları bir önceki hasta ayrıldıktan ya da daha büyük olasılıkla öldükten sonra değiştirilmeyen yataklara alınırdı. Ameliyathaneler, kangren ve sepsis (enfeksiyonun kan dolaşım sistemiyle tüm vücuda yayılarak öldürücü etki yapması) nedeniyle korkunç kokuyordu. Aynı derecede korkunç olan, bu ameliyatlarda kapılan enfeksiyon nedeniyle ölüm oranıydı. Uzuvları kesilenlerin en az yüzde 40'ı "hastane hastalığı" nedeniyle ölüyordu. Askeri hastanelerdeyse bu oran yüzde 70'e yaklaşıyordu.

1864 yılının sonunda anestezi uygulanmaya başlamasına karşın, hastaların büyük çoğunluğu ameliyata başka çareleri kalmadığında razı oluyorlardı. Ameliyat yaraları mutlaka mikrop kaptığından,

ameliyat kesiğini diken cerrahlar dikişlerin ipliklerini uçları yere sarkacak şekilde uzun bırakıyorlardı ki yaradan sızan cerahat iplerin üzerinden kayıp yere damlasın. Cerahatin bu şekilde akması –enfeksiyon böylece tüm vücuda yayılmayıp yerel kalacağı için– olumlu bir gelişme olarak değerlendiriliyordu.

Elbette şimdi bu "hastane hastalığı"nın neden o kadar yaygın ve o kadar ölümcül olduğunu biliyoruz. Bu aslında tek bir hastalık değil, hijyensiz koşullarda çeşitli bakterilerin neden olduğu ve hastadan hastaya ve hatta doktorlardan hastalara bulaşan bir hastalıklar kokteyliydi. Hastane hastalığı çok yayılınca, ilgili doktor ameliyat koğuşunu kapatır, hastaları başka yerlere gönderir ve koğuşu kükürt mumlarının dumanıyla dezenfekte etmeye çalışır, duvarları kireçle badanalatır ve yerleri sildirtirdi. Bu önlemlerin ardından hastalık bir süreliğine kontrol altına alınabiliyordu; ta ki yeni bir salgın yeni önlemleri gerekli kılana kadar.

Bazı cerrahlar sürekli ve tam bir temizlik konusunda ısrarlıydı; bu da büyük miktarlarda kaynamış ve soğutulmuş su gerektiriyordu. Bazıları miyazma teorisini destekliyordu. Bu teoriye göre hastalıklar, bataklıklardan, su giderlerinden ve kanalizasyonlardan çıkan kötü kokulu bir gazdan, miyazma gazından kaynaklanıyordu. Hastalardan biri bu gazdan etkilendiğinde, hastalık bu miyazma aracılığıyla başka hastalara da bulaşıyordu. Bu miyazma teorisi, zamanında çok akla yatkın bulunmuş olsa gerek. Pis su giderlerinden ve kanalizasyonlardan gelen koku, ameliyat koğuşlarında çürüyen kangrenli dokulardan gelenler kadar kötü olmalıydı. Bu da hastane yerine evlerinde tedavi edilenlerin genelde neden enfeksiyona yakalanmadıklarını açıklıyor. Miyazma gazlarının etkisine karşı önerilen tedavi araçları arasında timol, salisilik asit, karbondioksit gazı, acı yiyecekler, çiğ havuç yakısı, çinko sülfat ve asit borik de vardı. Bu tedavilerden herhangi birinin arada işe yaraması tümüyle rastlantısaldı ve genelde aynı sonuç alınamıyordu.

Joseph Lister adlı hekimin cerrahlık yaptığı dünya işte böyle bir yerdi. İngiltere'nin Yorkshire bölgesinde kiliseden ve papazlardan bağımsız, barışçıl Quaker tarikatına mensup bir ailenin oğlu olarak 1827 yılında dünyaya gelen Lister, tıp tahsilini Londra'daki University College'da tamamlamıştı. 1861'e gelindiğinde İskoçya'nın Glas-

gow kentindeki Royal Infirmary'de (Kraliyet Hastanesi) cerrah olarak görev yapıyor, aynı zamanda da Glasgow Üniversitesi'nde cerrahi profesörü olarak öğrenci yetiştiriyordu. Lister'ın çalıştığı dönemde hastanede modern bir cerrahi bloğu açılmışsa da, hastane hastalığı her yerde olduğu gibi orada da büyük bir sorundu.

Lister, hastalığın nedeninin zehirli bir gaz değil, havada bulunan ancak insan gözüyle görülemeyecek kadar küçük, mikroskobik bir şeyler olduğunu düşünüyordu. "Hastalıkların Mikrop Teorisi"ni açıklayan bir makaleyi okuduğunda, bunun kendi fikirlerine uygulanabileceğini hemen kavradı. Makale, Fransa'nın kuzeydoğusundaki Lille kentinde kimya profesörü (aynı zamanda da Chardonnet ipeğiyle ünlenen Kont Hilaire de Chardonnet'nin akıl hocası) olan Louis Pasteur tarafından yazılmıştı. Pasteur'ün şarap ve sütün ekşimesi üzerine yaptığı deneylerin sonuçları, 1864'te Paris'teki Sorbonne Üniversitesi'nde toplanan biliminsanlarına sunulmuştu. Pasteur'e göre, gözle görülemeyecek kadar küçük olan mikroplar her yerde ve her ortamda vardı. Deneyleriyse bu mikroorganizmaların kaynatmayla yok edilebildiklerini ortaya koyuyordu ki, bu da günümüzde süt ve başka gıdaların "pastörizasyon" denen süreçle mikroplardan arındırılmasına giden yolun başlangıcıydı.

Hastaları ve cerrahları kaynatmak pek pratik sayılamayacağından, Lister mikropları tüm yüzeylerden temizleyecek başka bir yol bulmak zorundaydı. Kömür katranından elde edilen ve şehirlerin kokan kanalizasyonlarında başarıyla kullanılan –ameliyat yaralarında pansuman olarak denendiğindeyse o kadar başarılı olmayan– karbolik asit üzerinde karar kıldı. Lister sebat etti ve Royal Infirmary'ye bacağında açık kırıkla gelen bir çocuk üzerinde yöntemini başarıyla uyguladı. O sıralar açık kırık çok korkulan bir yaralanmaydı. Basit bir kırık ameliyat gerektirmeksizin alçı ve sargıyla tedavi edilebiliyordu; ama kemik parçalarının deriyi deldiği açık kırıklarda, doktor kırık uçları birleştirip sabitlese de yara mutlaka enfeksiyon kapıyordu. Genellikle sonuç yaralı uzvun kesilmesi oluyor, hasta da çoğu kez kontrol altına alınamayan enfeksiyon yüzünden hayatını kaybediyordu.

Lister, çocuğun kırık kemiğinin açtığı yaranın içini ve çevresini karbolik aside batırılmış gazlı bezle iyice temizledi. Ardından yara-

yı, karbolik asit solüsyonuna batırılmış bez katmanlarıyla sardı; bezlerdeki karbolik asidin buharlaşıp uçmasını engellemek için de sargının üzerine ince bir metal plakayı bükerek yerleştirdi ve sargıyı bantladı. Yara kısa sürede kabuk bağladı ve hiçbir enfeksiyon olmadan hızla iyileşti.

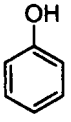
Hastane hastalığı enfeksiyonunu atlatan başka hastalar da vardı; ama bu vakada enfeksiyonun ölümsüz atlatılması değil, başlamadan önlenmesi söz konusuydu. Lister daha sonraki açık kırık vakalarında da aynı yöntemi kullandı ve aynı olumlu sonuçları elde etmesi, onu karbolik asit solüsyonlarının etkililiği konusunda ikna etti. 1867 yılında artık karbolik asidi yalnızca yara sargısı ya da pansuman olarak değil, tüm ameliyat süreçlerinde mikrop öldürücü bir temizleme aracı olarak kullanıyordu. Sonraki on yıl içinde antiseptik tekniklerini daha da geliştirdi ve birçoğu mikrop teorisine inanmayıp "Eğer göremiyorsanız yoktur" diyen öteki cerrahları da yavaş yavaş ikna etti.

Lister'ın karbolik asit solüsyonlarını elde ettiği kömür katranı, on dokuzuncu yüzyılda evlerin ve sokakların gazla aydınlatılması sürecinin bir atık ürünü olarak kolayca bulunabiliyordu. Ulusal Işık ve Isı Şirketi (The National Light and Heat Company), ilk sokak ışıklandırmasını 1814 yılında Londra'nın Westminster semtinde gerçekleştirmiş ve ardından sokak aydınlatmasının yaygın kullanımı öteki kentlerde de uygulanmaya başlamıştı. Kömür gazı, kömürün yüksek sıcaklıklarda ısıtılmasıyla elde ediliyordu. Yüzde 50 oranında hidrojen, yüzde 35 metan, daha küçük oranlarda da karbonmonoksit, etilen, asetilen ve başka organik bileşiklerden oluşan hayli yanıcı bir karışımdı. Yerel gaz üretim tesislerinden evlere, fabrikalara ve sokak lambalarına borularla iletiliyordu. Kömür gazına talep arttıkça, kömür gazlaştırma sürecinin önemsiz bir kalıntısı olarak görülen kömür katranının ne yapılacağı sorunu da büyüyordu.

Kömür katranı siyah, geniz yakıcı bir kokusu olan kıvamlı bir sıvıydı ve zamanı geldiğinde birtakım aromatik moleküller için çok bereketli bir kaynak olacaktı. Kömür gazı ve yan ürünü olarak katran üretimi ancak yirminci yüzyılın ilk yarısında, büyük ölçüde metandan oluşan muazzam doğalgaz yataklarının bulunmasıyla azalmaya başladı. Lister'ın ilk başta kullandığı ham karbolik asit, kömür

katranının 170-230 °C arasındaki bir sıcaklıkta damıtılmasıyla elde ediliyordu. Karbolik asit koyu renkli, çok keskin kokulu, deriyi yakan yağlı bir malzemeydi. Ama Lister sonunda bu maddenin temel yapıtaşı olan fenolün saf halini beyaz renkli kristaller şeklinde elde etmeyi başardı.

Fenol, üzerine bir oksijen-hidrojen ya da OH grubu eklenmiş bir benzen halkasından oluşan basit bir aromatik moleküldür.



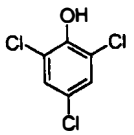
Fenol

Fenol suda belli ölçüde, yağdaysa büyük ölçüde çözünür. Lister bu özelliklerden yararlanıp fenolü bezir yağı ve beyazlatıcı (tebeşir tozu) ile karıştırarak "karbolik lapa yakısı" denen malzemeyi oluşturdu. Ortaya çıkan kıvamlı bulamaç kalaydan folyo üzerine sürüldükten sonra yaranın üzerine kapatılıyor ve kabuk işlevi görerek bakterilerin yaraya bulaşmasını engelliyordu. Fenolün suda 20'ye ya da 40'a 1 oranında daha az yoğun bir solüsyonu, yaranın çevresindeki derinin, ameliyat aletlerinin ve cerrahın ellerinin temizlenmesinde kullanılıyor ve operasyon sırasında kesiğin üzerine de püskürtülüyordu. Başlattığı karbolik asit tedavisinin hastaların iyileşme oranlarıyla kanıtlanan başarısına karşın Lister, ameliyatlarda tümüyle mikroptan arındırılmış bir ortam yaratmak için bu uygulamaları yeterli görmüyordu. Havadaki her toz parçacığının mikrop taşıdığına inandığından, havaya sürekli olarak sis halinde karbolik asit solüsyonu püskürtüp tüm ameliyathaneyi bir nem tabakasıyla kaplatan bir makine geliştirdi. Aslında havada taşınan mikroplar Lister'ın düşündüğü kadar büyük bir sorun değildi. Asıl sorun, cerrahların ve antiseptik önlemler almaksızın ameliyatlarda cerraha yardımcı olan ya da ameliyatı izleyen öğrencilerin giysi, saç, deri, ağız ve burunlarından gelen mikroorganizmalardı. Günümüzde ise modern ameliyathane kuralları gereği takılan maskeler, sterilize edilmiş ameliyat tulumları, başlıklar, perdeler ve lastik eldivenler bu sorunu çözüyor.

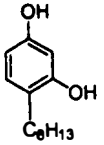
Lister'ın karbolik asit püskürtme makinesi mikrorganizmaların ameliyat sırasında bulaşmasını önlemede yardımcı olmakla birlikte, cerrahlar ve odada bulunan öteki personel üzerinde de olumsuz etkiler yapıyordu. Fenol toksik bir maddedir ve oldukça sulandırılmış halde bile derinin beyazlaşmasına, çatlamasına ve uyuşmasına neden olur. Fenol püskürtüsünün solunması hastalığa da yol açar. Dolayısıyla bazı cerrahlar fenol spreyinin kullanıldığı ortamlarda çalışmayı kabul etmiyorlardı. Bu sakıncalara karşın Lister'ın antiseptik ameliyat teknikleri öylesine etkili ve olumlu sonuçlar öylesine açıktı ki, 1878'e gelindiğinde tüm dünyada kullanılıyordu. Günümüzdeyse fenolün antiseptik olarak kullanımına pek ender rastlanıyor. Deri üzerindeki yıpratıcı etkileri ve toksik özelliği onu yeni geliştirilen antiseptik malzemelerden daha az kullanışlı kılıyor.

ÇOKYÖNLÜ FENOLLER

Fenol adı yalnızca Lister'ın antiseptik molekülü için değil, ona benzeyen ve benzen halkasına doğrudan eklenmiş bir OH grubu olan çok geniş bir grup bileşik için de kullanılır. Bu biraz kafa karıştırıcı gibi görünebilir; çünkü binlerce, hatta yüzbinlerce fenol olmasına karşılık, (tek başına bu adla anılan) yalnızca bir "fenol" bulunur. Antibakteriyel özellikler taşıyan ve günümüzde antiseptik olarak kullanılan triklorofenol ve heksilrezorsinoller gibi insan yapımı fenoller vardır.

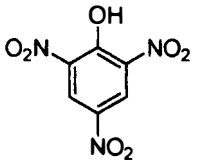


Triklorofenol



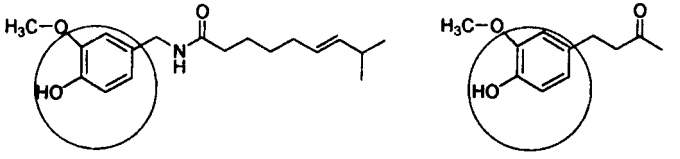
Heksilrezorsinol

İlk başta özellikle ipek için boya olarak, ardından da İngilizler tarafından önce Boer savaşında, daha sonra da Birinci Dünya Savaşı'nın başlarında mühimmatta kullanılan pikrik asit, üçlü nitratlanmış bir fenoldür ve yüksek derecede patlayıcıdır.



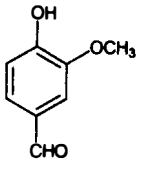
Trinitrofenol (pikrik asit)

Doğada da pek çok farklı fenol bulunur. Biberlerdeki kapsaisin ve zencefildeki zingeron gibi acı moleküllerin her ikisi de fenol olarak sınıflandırılabilir; karanfildeki öjenol ve hintcevizindeki izoöjenol gibi, baharattaki kokulu moleküllerin birçoğu da fenol ailesinin üyeleridir.

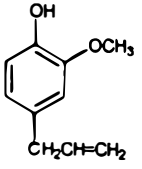


Kapsaisin (solda) ve zingeron (sağda).
Her iki yapıdaki fenol bölümleri daire içinde.

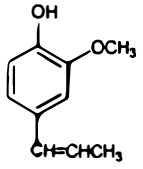
En yaygın olarak kullanılan tat vericilerden biri olan vanilyanın etkin maddesi vanilin de, öjenol ve izoöjenolünkine çok yakın yapıda bir fenoldür.



Vanilin



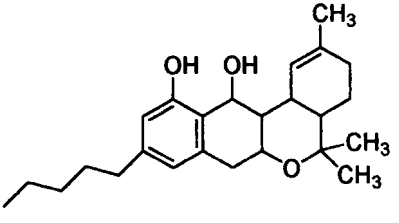
Öjenol



İzoöjenol

Vanilin, anayurdu Batı Hint Adaları ile Orta Amerika olan, ama şimdi dünyanın her tarafında yetiştirilen vanilya orkidesinin (*Vanilla planifolia*) kurutulup mayalanmış tohum kesesinde bulunur. Bu uzun, ince, güzel kokulu tohum keseleri vanilya çekirdeği olarak satılır ve ağırlıklarının yüzde iki kadarı vanilin olabilir. Şarap meşe fıçılarda depolandığında, tahtadan sızan vanilin molekülleri, yıllanma sürecini oluşturan değişimlere katkıda bulunur. Çikolata, bir kakao ve vanilin karışımıdır. Keşkül, dondurma, çeşitli soslar, şuruplar pastalar ve daha pek çok yiyecek, tatlarının bir kısmını vanilyadan alır. Parfümlere de baş döndürücü ve belirgin kokusu nedeniyle vanilin katılır.

Fenol ailesinin bazı doğal türlerinin kendilerine has özelliklerini daha yeni anlamaya başlıyoruz. Esrar ya da marihuananın etkin maddesi olan tetrahidrokanabinol (THC), bilimsel adı *Cannabis sativa* olan hintkenevirinde bulunan bir fenoldür. Kendir ya da kenevir denen bu bitkiler hem saplarında bulunan ve halat ya da kaba kumaş yapımında kullanılan güçlü lifler nedeniyle, hem de (bazı hintkenevir türlerinde) bitkinin genelde her tarafında bulunmakla birlikte özellikle dişi çiçek tomurcuklarında yoğunlaşmış olan THC'nin hafif sarhoşluk veren, yatıştırıcı ve hayal gördürücü özellikleri nedeniyle yüzyıllardır yetiştiriliyor.

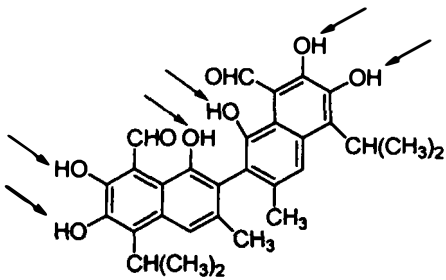


Marihuananın aktif maddesi olan tetrahidrokanabinol

Marihuana'daki tetrahidrokanabinolün, kanser, AIDS ve öteki bazı hastalıklarda ortaya çıkan bulantı, ağrı ve iştah kaybına karşı tıbbi kullanımına ABD'deki bazı eyaletler ile bazı ülkelerde izin veriliyor.

Doğada bulunan fenoller çoğu kez benzen halkasına eklenmiş iki ya da daha fazla OH grubu içerir. Gosipol, dört farklı benzen gru-

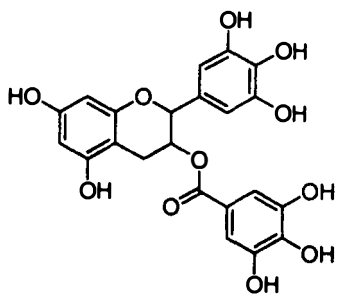
bu üzerinde altı OH grubu bulunduğu için polifenol diye sınıflandırılan toksik bir bileşiktir.



Gosipol molekülü. Altı fenol (OH) grubu oklarla gösterilmiştir.

Pamuk tohumlarından elde edilen gosipolün, erkeklerde sperm üretimini baskılamakta etkili olduğu gösterilmiştir. Bu özellik, gosipolü erkeklere yönelik potansiyel bir doğum kontrol yöntemi yapar.

Yeşil çayda bulunan oldukça karmaşık adlı epigalokatekin-3-galat molekülü daha da çok fenolik OH grupları içerir.



Yeşil çayda bulunan epigalokatekin-3-galat, sekiz fenol grubuna sahiptir.

Kısa süre önce, bu molekülün çeşitli kanser türlerine karşı koruyucu bir özelliği olduğu ortaya konmuştur. Başka bazı araştırmalar da, kırmızı şaraptaki polifenolik bileşiklerin, damarların sertleşmesinde rol oynayan bir maddenin üretimini baskıladığını göstermiş-

tir. Bu da, kırmızı şarabın yoğun olarak tüketildiği bazı ülkelerde tereyağı, peynir ve hayvansal yağ içeren başka yiyecekler açısından zengin bir diyete karşın kalp hastalıkları oranının düşük olmasını açıklayabilir.

PLASTİKLERDE FENOL

Her ne kadar fenolün birçok farklı türevi değerini ortaya koymuş olsa da, dünyamıza en büyük değişimleri getiren, ana bileşik fenolün kendisi olmuştur. Güvenli, antiseptik cerrahide yararlı ve dünya çapında etkili bir rol oynamışsa da, fenolün yepyeni bir endüstrinin gelişmesinde çok farklı ve belki de çok daha önemli bir rolü oldu. Lister'ın karbolik asitle deneylerini sürdürdüğü sıralarda, hayvanlardan sökülen fildişiyle, taraktan çatal-bıçak takımlarına, düğmelerden kutulara, satranç taşlarından piyano tuşlarına kadar çok çeşitli lüks eşya üretimi almış yürümüştü. Bu kârlı ticaret için gitgide daha fazla fil öldürülmeye başlanınca, fildişi de hem daha az bulunur hem de daha pahalı olmaya başladı. Fil nüfusunun azalmasından duyulan endişe en çok ABD'de kendini gösteriyordu. Ne var ki, endişenin kaynağı bugün sahiplendiğimiz çevre koruma ya da hayvan hakları gibi davalar değil, bilardo oyununun hızla yayılan popülerliğiydi. Kusursuz biçimde yuvarlanabilmeleri için bilardo toplarının en üst kalitede fildişinden yapılması gerekiyordu. Kusursuz bir dişin tam ortasından kesilip biçimlendirilmeleri gerekiyor ve ideal yoğunluk elli fildişinden yalnızca birinde bulunabiliyordu.

On dokuzuncu yüzyılın son yirmi-otuz yılında fildişi arzının azalmasıyla, onun yerini tutacak yapay bir malzeme oluşturma düşüncesi ilgi çekmeye başladı. İlk yapay bilardo topları, odun hamuru, kemik tozu ve çözünebilir pamuk elyafı gibi malzemelerin reçineyle doyurulması ya da kaplanmasıyla yapılıyordu. Bu reçinelerin temel maddesi selüloz, genellikle de selülozun nitratlanmış çeşitleriydi. Daha sonra ortaya çıkan daha kaliteli toplarda, selüloz tabanlı bir polimer olan selüloit kullanılmaya başladı. Selüloidin sertliği ve yoğunluğu imalat sürecinde kontrol edilebiliyordu. Selüloit ilk *termoplastik*, yani günümüzde cisimleri niteliksiz işgücüyle ve ucuza tekrar tekrar üretebilmeyi sağlayan modern enjeksiyonlu kalıp ma-

kinelerinin öncülü olan bir yöntemle eritilip yeniden kalıplanabilen malzemeydi.

Selüloz tabanlı polimerlerin önemli bir sorunu kolay alev almaları ve özellikle de nitroselülozun varlığında patlamaya yatkın olmalarıdır. Gerçi kayıtlara geçmiş patlayan bir bilardo topu vakası yok, ama selüloit bilardo topları potansiyel bir tehlike oluşturuyordu. Sinema endüstrisinde ilk başta filmler nitroselülozdan yapılan bir selüloit polimerle, esnekliğini artırmak için plastikleştirici olarak kullanılan kamfordan oluşuyordu. 1897 yılında Paris'te bir sinemada çıkan yangında 120 kişinin ölmesinden sonra, projeksiyon odaları filmlerin alev alması halinde yangının yayılmasını önlemek amacıyla kalayla kaplanmaya başladı. Tabii bu önlem projeksiyon makinesi operatörünün güvenliği için bir şey ifade etmiyordu.

1900'lü yılların başlarında ABD'ye göç eden genç bir Belçikalı olan Leo Baekeland, şimdi *plastik* diye adlandırdığımız malzemenin gerçekten sentetik ilk türünü geliştirdi. Bu, devrim niteliğinde bir olaydı, çünkü o zamana kadar geliştirilen polimerler, en azından kısmen doğal bir malzeme olan selülozdan yapılıyordu. Baekeland, buluşuyla Plastik Çağı'nı başlattı. Daha yirmi bir yaşındayken Ghent Üniversitesi'nden doktorasını almış zeki ve yaratıcı bir kimyacı olan Baekeland, akademik bir kariyerin sağlayacağı sakin ve güvenli bir yaşam yerine, kendi kimyasal buluşlarını geliştirip imal etme şansının daha fazla olduğunu düşündüğü Yeni Dünya'ya göç etmeyi tercih etmişti.

İlk başta, yaptığı seçim bir hata gibi görünmüştü, çünkü birkaç yıl ticari potansiyele sahip olabilecek bazı ürünler üzerinde çalıştıysa da 1893 yılında iflasın eşiğine gelmişti. Can havliyle sermaye peşinde koşan Baekeland, geliştirdiği yeni bir fotoğraf kartı ile fotoğraf malzemeleri şirketi Eastman Kodak'ın sahibi George Eastman'ın kapısını çaldı. Bu kart, görüntünün ortaya çıkması için gerekli yıkama ve ısıtma adımlarını ortadan kaldırıp ışığa duyarlılığı yapay aydınlatmanın (1890'larda gazla aydınlatma) bile yeterli olduğu bir düzeye çıkaran bir gümüş klorür kaplamayla yapılmıştı. Böylece amatör fotoğrafçılar çektikleri fotoğrafları evlerinde kolayca ve çabucak basabilecek ya da ülkenin her yerinde hızla çoğalan yeni fotoğraf laboratuvarlarında bastırabileceklerdi.



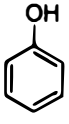
Kaliteli fildişi sıkıntısının yol açtığı sorunlar, bakalit gibi fenollü reçinelerle giderildi. (Fotoğraf: Michael Beugger'in izniyle)

Eastman'la randevusuna trenle giderken Baekeland, o zamanlar Eastman'ın şirketinin kullandığı yangın riski taşıyan selüloit tabanlı kâğıda çok üstün olan ürünü için 50.000 dolar istemeyi kararlaştırdı. Pazarlığa zorlanırsa da, o zamanlar için hâlâ önemli bir para olan 25.000 doların altına inmeyecekti. Eastman Baekeland'ın fotoğraf kartından öylesine etkilenmişti ki, hemen oracıkta o zaman için muazzam bir rakam olan 750.000 dolar önerdi. Adeta nutku tutulan Baekeland kabul etti ve aldığı parayla evinin yanında modern bir laboratuvar kurdu.

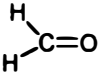
Parasal sorunlarının böylece çözülmesiyle Baekeland dikkatini uzun yıllardır ahşap cilası ve koruyucusu olarak kullanılan ve hâlâ da kullanılmakta olan gomalak için sentetik bir karşılık bulmaya yönlendirdi. Gomalak, Güneydoğu Asya'da yaşayan lak böceğinin –ya da bilimsel adıyla *Laccifer lacca*'nın– dişisinin bir salgısından elde edilir. Böcekler ağaçlara tutunur ve ağacın özsuyunu emerken bir yandan da kendi salgıları ile kaplanırlar. Çiftleştikten sonra bö-

cekler ölür ve kabukları toplanıp eritilir. Elde edilen sıvı süzülerek böcek ölülerinden arındırılır. 15.000 böceğin altı ay süreyle ürettiği salgıdan ancak yarım kilo kadar gomalak elde edilir. Gomalak, ince bir cila katmanı olarak kullanıldığı sürece fiyatı göze alınabiliyordu; ancak yirminci yüzyılın başında hızla genişlemeye başlayan elektrik endüstrisinde artan kullanımıyla birlikte gomalağa olan talep birdenbire yükseldi. Yalnızca gomalakla kaplanmış kâğıt kullanılarak yapılsa bile elektriği yalıtan malzemelerin maliyeti yüksekti ve Baekeland da bu hızla büyüyen pazarda yalıtkanlar için yapay gomalağa talebin kaçınılmaz olacağını fark etti.

Baekeland'ın gomalak yapma yolundaki ilk girişimi, daha önce Lister'ın cerrahi dalında devrim gerçekleştirdiği molekül olan fenolle, metanolden (odun alkolünden) elde edilen ve o sıralar cenaze levazımatçılarınca ölülerin tahnit edilmesinde (bir tür mumyalama), koleksiyoncular ya da müzelerce de sergilenen hayvan vücutlarının korunması için yaygın olarak kullanılan bir bileşik olan formaldehidi tepkimeye sokmak oldu.



Fenol



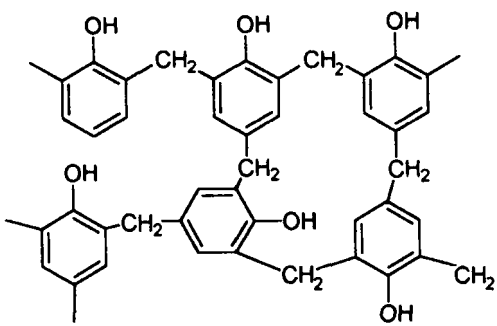
Formaldehit

Daha önce bu bileşikleri bir araya getirmek için girişilen çabalar hayal kırıklığıyla sonuçlanmıştı. Hızlı, kontrol edilemeyen tepkimeler, çözülemeyen ve kaynaştırılamayan, işe yarayamayacak kadar kırılgan ve esneklikten yoksun malzemeler ortaya çıkarıyordu. Baekeland, tepkimeyi kontrol edip malzemeyi kullanılabilir bir biçime sokabilmesi halinde bu özelliklerin tam da elektrik yalıtkanları için gereken sentetik bir gomalakta istenecek özellikler olduğunu fark etti.

1907'ye gelindiğinde, Baekeland hem ısıyı hem de basıncı kontrol edebildiği bir tepkimeyle, hızla sertleşerek içine döküldüğü kalıbın şeklini alan amber renginde saydam bir katıya dönüşen bir sıvı elde etmeyi başarmıştı. Baekeland ürettiği malzemeye Bakelite (Türkçede "bakalit") ve ürünü sentezlediği düdüklü tencere benzeri

ayrıca da Bakelizör adlarını verdi. Bu maddeyi sentezlemek için bu tepkime üzerinde beş yıl uğraştığı düşünülecek olursa, mucidin verdiği isimlerde kendi reklamını yapmış olması hoş görülebilir.

Gomalağın ısındığında biçimini yitirmesine karşılık bakalit yüksek sıcaklıklarda bile biçimini koruyordu. Kalıba dökülüp katılaştığında eritilip yeniden kalıplanamıyordu. Selüloit gibi *termoplastik* bir malzemenin tersine, bakalit, donduğunda aldığı şekli bir daha kaybetmeyen *termoset* bir malzemeydi. Bu fenol tabanlı reçinenin kendine özgü termoset özelliği kimyasal yapısından kaynaklanıyordu. Bakalit içindeki formaldehit, fenolün benzen halkasının üç yerinde tepkimeye girerek polimer zincirleri arasında çapraz bağlar oluşturabilir. Bakalitin sertliği, zaten sert ve düzlemsel olan benzen halkalarıyla kurulan bu çok kısa çapraz bağlardan gelir.



Bakalitin, fenol molekülleri arasındaki -CH2- çapraz bağlarını gösteren şematik formülü. Bunlar mümkün olan bağlanma yollarından yalnızca bazılarıdır. Gerçekte malzeme içindeki bağlantılar rasgele kurulur.

Elektrik yalıtkanı olarak kullanıldığında bakalitin performansı diğer tüm malzemelerinkinden üstündü. Gomalağa ya da gomalak emdirilmiş kâğıda kıyasla daha yüksek ısı direncine sahipti. Seramik ya da cam yalıtkanlardan daha az kırılgandı ve elektrik direnci de porselen ve mikanınkinden yüksekti. Bakalit güneş ışığı, su, tuz, hava ya da ozonla tepkimeye girmiyor, asit ya da başka çözücülerden de etkilenmiyordu. Kolayca çatlamıyor, dökülmüyor, rengini kaybetmiyor, solmuyor, yanmıyor ve erimiyordu.

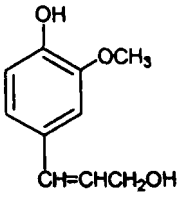
Mucidinin esas hedefi olmamakla birlikte, daha sonra bakalitin bilardo topları için de ideal malzeme olduğu ortaya çıktı. Esnekliği fildişininkine çok yakındı ve bakalitten yapılan bilardo topları çarpıştıklarında, fildişi topların çarpışmalarında alışılmış olan, selüloit topların veremediği sesi çıkarıyordu. 1912 yılında artık fildişi olanlar hariç tüm bilardo topları bakalittendi. Topları birçok başka uygulama izledi ve birkaç yıl içinde bakalit her yerdeydi. Telefonlar, kaplar, (eski model) çamaşır makinelerinin pervaneleri, pipo sapları, çeşitli mobilyalar, araba parçaları, dolmakalemler, tabaklar, bardaklar, radyolar, fotoğraf makineleri, mutfak malzemeleri, bıçak sapları, fırçalar, çekmeceler, banyo dolap ve askıları, hatta sanat eserleri ve dekorasyon malzemeleri bakalitten yapılıyordu. Bakalit "binbir kullanımlı malzeme" olarak ün kazandı. Şimdilerdeyse daha başka fenol tabanlı reçineler orijinal kahverengi malzemenin yerini aldı. Sonradan çıkan reçineler renksizdi ve kolayca renklendirilebiliyordu.

BİR TAT FENOLÜ

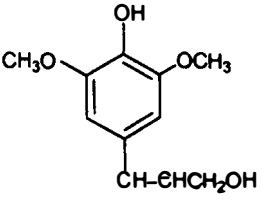
Bakalitin yaratılması, fenol molekülünün, artan talep ve azalan arz sonucu doğal bir maddenin yerini alacak yapay bir maddenin temelini oluşturduğu tek örnek değildir. Vaniline yönelik pazar talebi, vanilya orkidesinin sağlayabileceği arzı çoktandır geride bırakmış durumda. Dolayısıyla vanilin sentetik olarak üretiliyor ve kaynağı da hayli şaşırtıcı: kâğıt yapımında odun hamurunun sülfitle yıkanmasından çıkan atık alkol. Atık alkol büyük oranda, kara bitkilerinin hücrelerinin içinde ve hücre aralarında bulunan, onlara sertliklerini veren ve odunun kuru ağırlığının yaklaşık yüzde 25'ini meydana getiren bir madde olan ligninden oluşur. Lignin tek bir bileşik değil, farklı fenolik birimlerden oluşmuş, değişken çapraz bağlı bir polimerdir.

Yumuşak ve sert odunların lignin yapıları, bu ligninleri meydana getiren parçaların yapılarından da görüleceği gibi farklıdır. Bakalitte olduğu gibi ligninde de odunun sertliği fenolik moleküller arasındaki çapraz bağlanmanın derecesine bağlıdır. Yalnızca sert odunlarda bulunan üç değişimli fenoller daha fazla çapraz bağa izin verir

ve bu da sert odunların neden yumuşaklardan daha sert olduğunu açıklar.

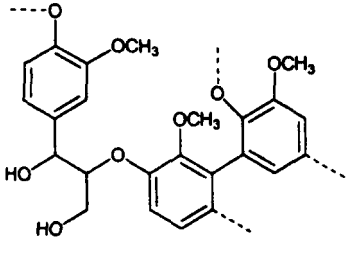


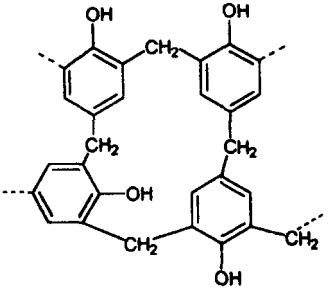
Sert ve yumuşak odun yapıtaşı (iki değişimli fenol)



Sert odun yapıtaşı (üç değişimli fenol)

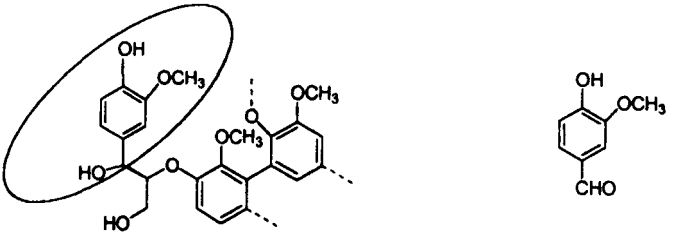
Lignin için bu yapıtaşı birimleri arasındaki çapraz bağlardan bazılarını gösteren temsili bir yapı aşağıda yer alıyor. Baekeland'ın bakalitiyle arasındaki benzerlikler ortada.





Ligninin yapısının bir kısmı (solda). Kesik çizgiler molekülün geri kalanına olan bağlantıları gösteriyor. Bakalitin yapısında da (sağda) fenol birimleri arasında çapraz bağlar vardır.

Aşağıdaki lignin çiziminde daire içine alınmış kısım, yapının vanilin molekülüne çok benzeyen bölümünü gösteriyor. Bir lignin molekülü kontrollü koşullarda parçalandığında vanilin üretilebilir.



Lignin molekülünün (solda) daire içine alınmış kısmı, vanilin molekülüyle (sağda) büyük benzerlik gösterir.

Sentetik vanilin yalnızca gerçeğinin kimyasal bir taklidi değildir. Aslında, doğal bir kaynaktan yapılan saf vanilin moleküllerinden oluşur ve kimyasal olarak vanilya tohumundaki vanilinle tıpatıp aynıdır. Bununla birlikte, bütün vanilya tohumundan elde edilen vanilya çok küçük oranlarda başka bileşikler de içerir ve bunlar hep birlikte doğal vanilyanın tanıdığımız tadını oluşturur. Yapay vanilyaysa, renk vermesi için karamel katılmış bir solüsyon içindeki sentetik vanilin moleküllerinden oluşur.

Her ne kadar garip gelse de, vanilya ile karbolik asit halinde bulunan fenol molekülü arasında kimyasal bir bağ vardır. Kömür, büyük basınç altında ve orta sıcaklıklarda uzun süreler içinde çürüyen bitki malzemelerinden, tabii bu arada odun dokusu içindeki lignin ve bitkilerin bir başka önemli parçası olan selülozdan oluşur. Kömürün ısıtılıp evler ve sanayi kuruluşları için hayati önemdeki havagazının elde edilme sürecinde, geniz yakan kokusuyla kıvamlı bir sıvı ortaya çıkar: Bu, kömür katranı, yani Lister'ın karbolik asidinin kaynağıdır. Ünlü cerrahın geliştirdiği fenolün nihai kaynağıysa lignindir.

Güvenli, antiseptik cerrahiye izin veren, hastaların yaşamını tehlikeye atan enfeksiyon riski olmadan ameliyatları mümkün kılan, fenoldü. Fenol kazalarda ya da savaşlarda yaralanmış binlerce kişinin hayata tutunabilmesini sağladı. Fenol ve daha sonra gelen antiseptikler olmaksızın günümüzün akıl almaz cerrahi başarıları –kalça protezleri, açık kalp ameliyatları, organ nakilleri, beyin ve omurilik

ameliyatları, mikrocerrahi yoluyla doku tamiri vb.– mümkün olamazdı.

Baekeland'ın fotoğraf kâğıdına yaptığı yatırım sayesinde ürettiği daha iyi bir film ve 1900 yılında piyasaya çıkardığı çok ucuz bir fotoğraf makinesiyle (yalnızca 1 dolar fiyat etiketli Kodak Brownie) George Eastman, fotoğrafçılığı zenginlerin harcı bir lüks olmaktan çıkartıp herkesin uğraşabileceği bir hobi haline getirdi. Eastman'ın yatırımı, Plastik Çağı'nın, başlangıç malzemesi fenol olan ilk gerçek sentetik malzemesinin –bakalitin– geliştirilmesini finanse etti. Bakalitten yapılan elektrik yalıtım malzemeleri de endüstrileşmiş modern dünyanın temellerinden olan elektrik enerjisinin yaygın kullanımını sağladı.

Ortaya çıkış öykülerini, yapılarını incelediğimiz fenoller, yaşamımıza büyük ölçekli (antiseptik cerrahi, plastiklerin geliştirilmesi, patlayıcı fenoller) ve küçük ölçekli (potansiyel sağlık yararları, baharatlı yiyecekler, doğal boyalar, ucuza alınabilen vanilya vb.) birçok değişim getirdi. Son derece geniş bir yelpazedeki farklı yapılarıyla fenoller, tarihi biçimlendirmeyi sürdürecek gibi görünüyor.

8

İZOPREN

ARABALARIMIZIN, kamyonlarımızın, uçaklarımızın lastikleri olmasaydı dünyamız nasıl bir dünya olurdu, düşünebiliyor musunuz? Motorlarımız için contalar, volan kayışları, giysilerimizdeki elastik materyaller, ayakkabılarımızın su geçirmez tabanları olmasaydı? Ya da gerekmediğinde aklımıza bile gelmeyen o sıradan lastik bantlar?

Lastik ve lastikten ürünler öylesine alıştığımız, öylesine sıradan şeyler ki, lastiğin ve hammaddesi olan kauçuğun ne olduğunu ve yaşamımızı nasıl değiştirdiğini sorgulamak aklımızın ucuna bile gelmez. İnsanlığın kauçuğun varlığından yüzyıllardır haberdar olmasına karşın, kauçuk ve türevi olan lastik ancak son bir buçuk yüzyıl içinde uygarlığın temel bir parçası haline gelmiştir. Kimyasal yapısı kauçuğa eşsiz özelliklerini kazandırmış ve bu yapıyla oynanarak üretilen bir molekül servetlerin kazanılmasına, yaşamların yitirilmesine ve ülkelerin geri dönmemecesine değişmesine yol açmıştır.

KAUÇUĞUN ORTAYA ÇIKIŞI

Kauçuğun şu ya da bu biçimi Orta ve Güney Amerika'nın büyük bölümünde uzun zamandan beri bilinmekteydi. Kauçuğun hem dekoratif hem de pratik amaçlarla ilk kullanımı genellikle Amazon havzasındaki yerli kabilelere atfedilir. Meksika'nın Veracruz kenti yakınlarındaki bir Mezoamerikan arkeolojik kazı alanında bulunan

kauçuk toplar, MÖ 1600 ve 1200 yılları arasına tarihlendiriliyor. 1495 yılında Yeni Dünya'ya ikinci seferinde Kristof Kolomb, Hispaniola adasındaki yerlilerin bir bitki sakızıyla yapılmış ve şaşırtıcı derecede yükseğe sıçrayan toplarla oynadıklarını görmüştü. "İspanya'da havayla doldurulanlardan daha iyi" diye yazdığı raporunda, herhalde İspanyolların havayla şişirilmiş hayvan idrar keseleriyle oynadıkları top oyunlarına atıfta bulunuyordu. Kendisinden sonra Yeni Dünya'yı ziyaret edenlerin yaptığı gibi o da yeni gördüğü bu maddeden topladığı örnekleri Avrupa'ya götürdü. Ancak, kauçuk lateks örnekleri garip bir madde olarak merak çekmekten öteye gidemedi; çünkü yazın sıcakta yapış yapış olup kötü kokuyor, Avrupa'nın sert kışındaysa katılaşıp kırılgan hale geliyordu.

Charles-Marie de la Condamine adlı bir Fransız, bu garip madde için ciddi herhangi bir kullanım alanı olup olmadığını araştıran ilk kişiydi. Kimi zaman matematikçi, kimi zaman coğrafyacı, bazen gökbilimci, bazılarınca da bir playboy ve serüvenci olarak tanıtılan La Condamine, Fransız Bilimler Akademisi tarafından dünyanın gerçekten de kutuplarda biraz basık olup olmadığının belirlenmesine yardımcı olması için Peru'ya (oradan geçen bir meridyeni ölçmesi için) gönderilmişti. Akademiyle ilgili işini tamamladıktan sonra La Condamine fırsattan yararlanarak Güney Amerika'daki yağmur ormanını keşfe çıktı ve 1735 yılında yerel dilde "ağlayan ağaç" anlamına gelen *caoutchouc* (kauçuk) ağacının sakızlaşan özsuyundan yapılmış toplarla Paris'e döndü. Ekvador'daki Omegus yerlilerinin beyaz renkli yapışkan kauçuk özsuyunu toplayıp daha sonra dumanlı bir ateş üzerine tutarak kap-kacak, top, şapka ve çizme yapmak üzere çeşitli biçimlere soktuklarını gözlemişti. Gelgelelim, La Condamine'in ham özsu örnekleri dumanla kararlı hale getirilmeden lateks olarak kaldığı için yolculuk sırasında mayalanmış ve Avrupa'ya işe yaramaz, pis kokulu bir kütle olarak varmıştı.

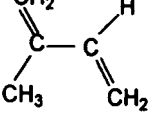
Lateks koloidal bir maddedir; doğal kauçuk parçacıklarının suda asılı kaldığı bir süspansiyondur. Birçok tropik ağaç ve çalı lateks üretir. Bunlar arasında evlerde saksıda yetiştirilen ve "kauçuk bitkisi" denen *Ficus elastica* da vardır. Meksika'nın bazı yerlerinde lateks hâlâ geleneksel biçimde yabani kauçuk ağaçlarından (*Castilla elastica*) elde edilir. Her yere yayılmış olan ve pek çok farklı çeşidi

bulunan *Euphorbia* (sütleğengiller) ailesinin, yılbaşı çiçeği diye adlandırdığımız kırmızı renkli koca dikenimsi yapraklı türü, çöllerdeki kaktüs benzeri türler, lastik otu (*Parthenium argentatum*), Kuzey Amerika'da hızlı büyüyen ve "dağdaki kar" diye de bilinen zehirli *Euphorbia marginata* dahil tüm türleri lateks üretir. Tropik bir bitki olmamasına, hatta *Euphorbia* ailesinden bile olmamasına rağmen hindiba da bir lateks üreticisidir. Ancak en büyük doğal kauçuk üreticisi, anavatanı Brezilya'nın Amazon bölgesi olan *Hevea brasiliensis* adlı ağaçtır.

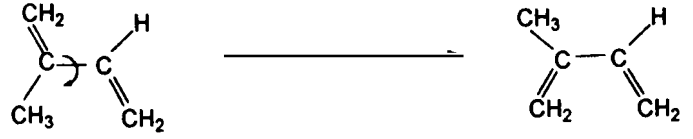
CİS VE TRANS

Doğal kauçuk, izopren adlı molekülün bir polimeridir. Yalnızca beş karbon atomuyla izopren, doğal polimerlerin tekrarlayan en küçük birimidir ve bu özelliği kauçuğu da en basit doğal polimer yapar. Kauçuğun yapısı üzerine ilk kimyasal deneyler, ünlü İngiliz bilimadamı Michael Faraday tatafından yapıldı. Şimdilerde kimyacıdan çok fizikçi olarak görülen Faraday, o zamanlar fizik ile kimya arasındaki sınırlar fazla belirgin olmadığından kendisini "doğa felsefecisi" olarak tanımlardı. Günümüzde daha çok elektrik, manyetizma ve optik üzerine fiziğin alanına giren keşifleriyle hatırlanmasına karşın, kimya alanına da azımsanmayacak katkıları oldu ve bunlar arasında 1826'da kauçuğun kimyasal formülünün C_5H_8'in çoklu tekrarları olarak belirlenmesi de bulunuyordu.

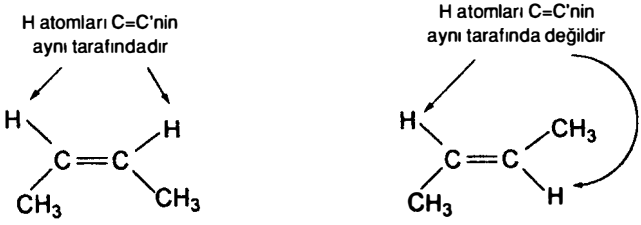
1835 yılına gelindiğinde izoprenin kauçuktan damıtılabileceği gösterilmiş ve bu da kauçuğun tekrarlayan C_5H_8 yani izopren birimlerinden oluşan bir polimer olabileceğine işaret etmişti. Birkaç yıl sonra izoprenin kauçuğumsu bir kütle biçiminde polimerleştirilmesiyle bu öngörü doğrulanmış oldu. İzopren molekülünün yapısı, komşu karbon atomlarının üzerinde ikili bağlar bulunacak biçimde şöyle yazılır:



Ancak, iki karbon atomu arasındaki herhangi bir tek bağ çevresinde, aşağıda gösterildiği gibi bir dönme serbestçe gerçekleşebilir:

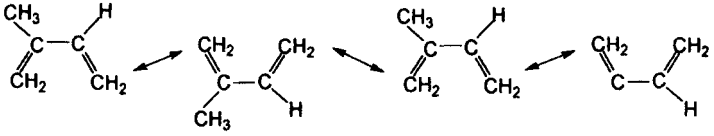


Dolayısıyla bu iki yapı –ve tekli bağ çevresinde olabilecek her türden bükülme biçimleri– aynı bileşik olmayı sürdürür. Doğal kauçuk, izopren moleküllerinin art arda dizilmesiyle oluşur. Kauçuktaki bu polimerleşme, *cis* ikili bağları denen bağ türlerini meydana getirir. İkili bağ, dönmeyi önlediğinden bir moleküle sertlik kazandırır. Dolayısıyla, aşağıdaki şekillerden *cis* biçimi diye bilinen soldaki, *trans* biçimi denen sağdakiyle aynı değildir.

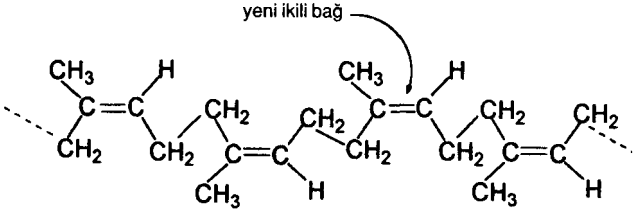


Cis yapısında, iki H atomu (ve iki CH_3 grubu) ikili bağın aynı taraflarında yer alırken, trans yapısında iki H atomu (ve iki CH_3 grubu) ikili bağın ters taraflarında bulunur. Çeşitli grupların ve atomların ikili bağın etrafında aldıkları konumlardaki küçük gibi görünen farkın, izopren molekülünün farklı polimerlerinin özellikleri üzerinde çok büyük sonuçları vardır. İzopren, cis ve trans biçimleri olan pek çok organik bileşikten yalnızca bir tanesidir. Bu biçimler çoğu kez farklı özelliklere sahiptir.

Aşağıdaki dört izopren molekülü, doğal kauçuk molekülünü oluşturmak üzere oklarla gösterildiği biçimde uç uca eklenmeye hazır durumdadır.

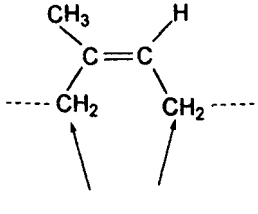


Bir sonraki çizimde kesikli çizgiler, daha fazla izopren molekülünün polimerleşmesiyle zincirin nerelerde devam edeceğini gösterir.



Doğal kauçuk

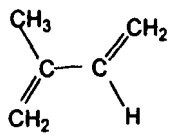
İzopren molekülleri birleştiğinde yeni ikili bağlar oluşur. Bunlar polimer zincirine göre hep cis durumdadır; yani kauçuk molekülünü meydana getiren kesintisiz karbon atomları zinciri, her ikili bağın aynı tarafında yer alır.



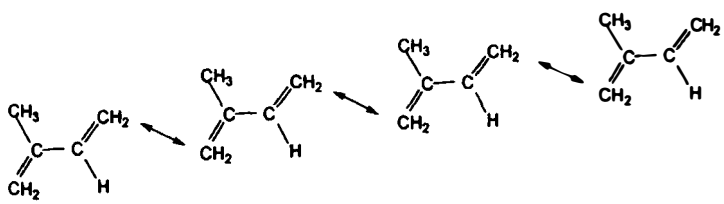
Kesintisiz zincirin karbonları bu ikili bağın aynı tarafında yer aldığından, bu bir cis yapıdır.

Bu cis dizilimi, kauçuğun esnekliği için gereklidir. Ancak, izopren molekülünün doğal polimerleşmesi her zaman cis biçiminde olmaz. Polimerde ikili bağ çevresindeki dizilim trans biçiminde olduğun-

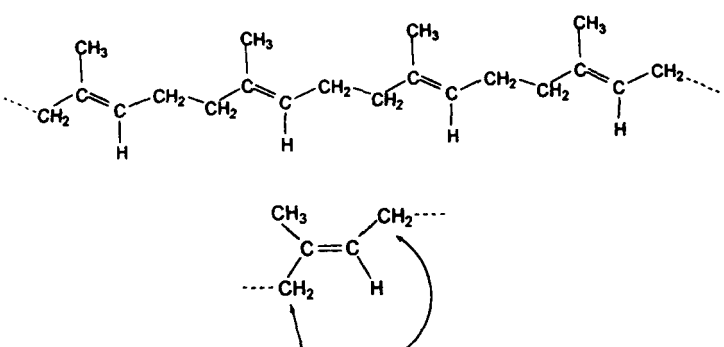
da, kauçuğunkilerden çok farklı özellikleri olan başka bir doğal polimer üretilmiş olur. Aynı izopreni aşağıdaki bükülmüş biçimiyle kullanıp,



ardından da bunun gibi dört molekülü aşağıdaki gibi yine oklarla gösterilen biçimde uç uca eklersek,



sonuçta aşağıdaki trans ürünü elde etmiş oluruz.



Kesintisiz karbon zinciri bu ikili bağın bir tarafından öteki tarafına geçtiğinden, bu bir trans yapıdır.

Bu trans izopren polimer doğal olarak iki maddede bulunur: gutta-percha ve balata. Gutta-percha, dünyanın her yerinde bulunan 800 kadar yaprak dökmeyen çiçekli ağaç ve çalı içeren *Sapotaceae* familyasına mensup çeşitli bitkilerden, özellikle de Güneydoğu Asya'da Malay yarımadasına özgü bir ağaç olan *Palaquium* ağacının lateksinden elde edilen bir maddedir. Gutta-percha'nın yüzde 80 kadarı, izoprenin bir trans polimeridir. Panama ve Güney Amerika'nın kuzey bölgelerinde bulunan *Mimusops globosa* ağacından sağılan benzer bir lateksten elde edilen balata da aynı trans polimeri içerir. Hem gutta-percha hem de balata eritilip şekle sokulabilir; ancak bir süre havayla temas ettikten sonra sertleşip boynuzumsu bir hal alırlar. Bu değişim bu maddeler su içindeyken gerçekleşmediği için gutta-percha, on dokuzuncu yüzyılın sonları ve yirminci yüzyılın başlarında deniz dibi kablolarında yalıtım malzemesi olarak kullanıldı. Bunun yanı sıra tıp ve dişçilikte de kırık destekleri, kateter (sonda), doğum makası (forseps) malzemeleri, yakı, diş ve dişeti kovukları için dolgu malzemesi olarak yaygın kullanım buldu.

Gutta-percha ve balatanın garip özelliklerini en çok takdir edenler herhalde golfçülerdir. İlk golf topları tahtadandı ve genellikle karaağaç ya da kayından yapılırdı. Ancak, on sekizinci yüzyılın başlarında İskoçlar, "tüylü" diye adlandırılan, bir deri kılıfa kaz tüyü doldurularak yapılan golf topunu icat ettiler. Tüylüler ağaç toplardan iki kat uzağa gönderilebiliyordu. Ama yağmurlu havalarda su çekiyor ve performansları düşüyordu. Ayrıca vuruş sırasında yarılabiliyor, ama bu kusurlarına karşın ağaçtan toplardan on kat daha pahalıya mal oluyorlardı.

1848 yılında *gutty* golf dünyasına giriş yaptı. Suda kaynatılan gutta-percha'ya önce elle, daha sonraları da metal kalıplarla küre biçimi verildikten sonra sertleşmeye bırakılan *gutty* hızla popülerleşti. Ancak, bu topların da birtakım dezavantajları vardı. İzoprenin trans izomeri zamanla iyice sertleşip kırılgan hale gelebildiğinden, eski bir gutta-percha golf topu havadayken parçalanabiliyordu. Bu yüzden böyle bir şey olduğunda oyunun devam edebilmesi için golf kuralları değiştirilerek parçalanan topun en büyük parçasının bulunduğu yere yeni bir top konmasına izin verilirdi. Golf sopalarının darbeleriyle belli noktaları soyulup çizilen, ezilen topların daha uzağa

gittiğinin gözlenmesiyle fabrikalar çentiklenmiş toplar üretmeye başladı ve sonunda golf topu günümüzdeki kovuklu biçimini aldı. On dokuzuncu yüzyılın sonunda cis izomeri de, gutta-percha'dan yapılan bir çekirdek çevresine sarılmış kauçukla golf dünyasını istila etti; kılıf da yine gutta-percha'dandı. Modern golf topları çeşitli malzemelerden yapılıyor ve birçoğunda yine kauçuk kullanılıyor. Çoğu kez gutta-percha yerine balata kaynaklı trans izopren polimeri kılıflarda hâlâ görülebilir.

KAUÇUĞU ÖNE ÇIKARANLAR

Michael Faraday kauçukla ilgili deneyler yapan tek kişi değildi. 1823 yılında İskoçya'nın Glasgow kentinde kimyacı Charles Macintosh, yerel gaz üretim tesislerinin atık ürünlerinden biri olan naftayı çözücü olarak kullanıp kauçuğu yumuşatarak kumaşlar için kaplama malzemesi haline getirdi. Bu işlemden geçirilip su geçirmez özellik kazanan kumaşlardan yapılan yağmurluklara *macintosh* denmeye başladı. İngiltere'de yağmurluklara hâlâ *macintosh* (ya da kısaca *mac*) denir. Macintosh'un keşfi kauçuğun motorlarda, hortumlarda, çizmelerde, ayakkabı üzerine giyilen lastiklerde, şapkalarda ve paltolarda giderek daha yaygın olarak kullanılmasına yol açtı.

1830'ların ilk yıllarında ABD'yi bir kauçuk furyası sardı. Ancak, su geçirmez özelliklerine karşın, halk bunların kışın demir gibi sertleşip çatladığını, yazın da kokan, vıcık vıcık yapışan bir kütleye dönüştüğünü görünce popülariteleri birdenbire azaldı ve kauçuk çılgınlığının başlamasıyla sona ermesi bir oldu. Halkın gözünde kauçuk ilgi uyandıran ancak tek pratik kullanımı okul silgileri olabilecek garip bir nesne olarak kalacak gibi görünüyordu. Kauçuk, "silici" anlamına gelen İngilizce adını (*rubber*), küçük bir parça kauçuğun, kurşunkalemle yazılan yazıları o zamana kadar kullanılan nemlendirilmiş ekmek parçalarından daha iyi sildiğini gören İngiliz kimyacı Joseph Priestley'ye borçlu. Silgiler İngiltere'de "*India rubbers*" adıyla satılmaya başladı, bu da kauçuğun Hindistan'dan geldiği yolundaki yanlış algıyı pekiştirdi.

Kauçuk furyasının ilk raundu sona ermek üzereyken 1834 yılı civarında Amerikalı mucit ve girişimci Charles Goodyear, dünyada

çok daha uzun sürecek bir kauçuk furyasını tetikleyen bir dizi deneye başladı. Goodyear'ın mucitliği girişimciliğinden çok daha iyiydi. Yaşamı boyunca borca batıp çıkmış, birkaç kez iflas etmiş, borçluların kapatıldığı hapishanelere "otellerim" diyen biriydi. Kauçuğa karıştırılacak kuru bir tozla, bu maddeyi sıcak havalarda öylesine yapış yapış yapan aşırı nemin giderilebileceği fikrini kafasına takmıştı. Bu fikrini sınamak için deney üzerine deney yaptı, o maddeden bu maddeye neredeyse denemediği kalmadı. Hiçbir şey işe yaramıyordu. Gereken formülasyonun başarılmış gibi göründüğü her denemede yaz mevsimi tersini kanıtlıyordu. Kauçuk emdirilmiş çizme, potin ve giysiler, sıcaklıkların artmasıyla pis kokulu şekilsiz yığınlara dönüşüyordu. Komşular Goodyear'ın atölyesinden gelen kokudan yakınıyor, finansörleri desteklerini teker teker geri çekiyordu. Ama Goodyear inadını sürdürüyordu.

Deneylerinden biri ötekilerden daha umut verici bir şekilde sonuçlanmıştı. Nitrik asitle işlem gördüğünde kauçuk, Goodyear'ın sıcaklık değişimlerinde bile aynı kalacağını umduğu, kuru gibi görünen pürüzsüz bir maddeye dönüşüyordu. Bir kez daha para desteği buldu. Bu seferki sponsorları, nitrik asit katılmış kauçukla kaplı posta çantaları için hükümetten ihale almış işadamlarıydı. Bu kez Goodyear başarıyı yakalamış olduğundan emindi. Tamamlanmış posta çantalarını bir odaya kilitleyip ailesini yaz tatiline götürdü. Ancak, döndüğünde çantaları yine artık iyi tanıdığı o şekilsiz kütleye dönmüş olarak buldu.

Goodyear'ın büyük keşfi, kurutucu madde olarak kükürt tozuyla deneyler yaptığı 1839 kışında geldi. Çalışmaları sırasında kükürtle karışmış bir kauçuk parçasını kazayla sıcak sobanın üstüne düşürdü. Oluşan yanmış, yapışkan kütlede bir şekilde aradığı potansiyelin bulunduğunu gördü. Artık sıcaklık ve kükürdün kauçuğu istediği biçimde değiştirdiğinden emindi; ne var ki gereken kükürt miktarını da, gerekli sıcaklığı da bilmiyordu. Goodyear, laboratuvarı haline gelen mutfakta deneylerini sürdürdü. Kükürtle doyurulmuş kauçuk örnekleri sıcak demir tablalar arasında presleniyor, fırında pişiriliyor, ateş üzerinde kızartılıyor, çaydanlık üzerinde buhara tutuluyor, ısıtılmış kuma gömülüyordu.

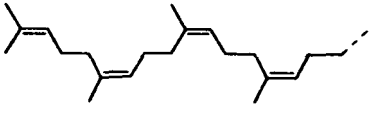
Goodyear'ın gösterdiği sebat, sonunda semeresini verdi. Beş yıl sonra, istikrarlı sonuçlar veren bir formül buldu ve kararlı bir sertliği olan, elastik, sıcakta ve soğukta formunu koruyan bir kauçuk (lastik) elde etti. Ama lastiğin başarılı formülasyonuyla bir mucit olarak yeteneğini ortaya koymasının ardından, bir işadamı olarak yeteneksizliğini kanıtlamaya girişti. Çıkardığı birçok lastik patentinden elde ettiği gelir çok küçüktü. Buna karşılık, haklarını sattığı kişiler bunlarla büyük servetler elde ettiler. En az 32 patent ihlali vakasını yüksek mahkemeye kadar taşıyıp kazanmasına karşın Goodyear ömrü boyunca patent ihlallerinden kurtulamadı. Yüreği de zaten kauçuğun paraya dönüştürülmesinde değildi. Aklı hâlâ bu maddenin taşıdığını düşündüğü potansiyellerdeydi: kauçuktan "kâğıt" para, mücevher, yelken, boya, araba yayları, gemiler, müzik aletleri, döşemeler, dalgıç giysileri, cankurtaran salları... Ve bunların birçoğu sonradan hayata geçirildi.

Goodyear yurtdışı patent haklarında da aynı derecede beceriksizdi. Yeni formüle ettiği lastikten bir örneği İngiltere'ye gönderdi ve ihtiyatlı davranarak geliştirmiş olduğu vulkanizasyon sürecini açıklamadı. Ancak bir İngiliz kauçuk uzmanı olan Thomas Hancock, örneklerden birinin üzerinde kükürt tozu izlerine rastladı. Goodyear nihayet İngiliz patenti için başvurduğunda, Hancock'un yalnızca birkaç hafta önce hemen hemen aynı vulkanizasyon süreci için patent başvurusu yapmış olduğunu öğrendi. Hak iddiasından vazgeçmesi halinde Hancock'un patent hakkının yarısını almasını içeren öneriyi kabul etmeyen Goodyear dava açtı ve kaybetti. 1850'li yıllarda önce Londra'da, sonra da Paris'te açılan Dünya Fuarı'nda, tümüyle kauçuktan yapılma pavyonlar, bu yeni malzemenin reklamını yapıyordu. Ancak, Fransa için almış olduğu patent ve sağladığı gelir teknik bir nedenden ötürü iptal edilince, faturalarını ödeyemeyen Goodyear yine borçlular hapishanesine düştü. Ne gariptir ki, bir Fransız hapishanesinde yattığı sırada Goodyear, Fransa İmparatoru III. Napolyon tarafından Legion d'Honneur nişanı ile ödüllendirildi. İmparator herhalde bu ödülü verirken Goodyear'ın şahsında bir işadamını değil bir mucidi onurlandırdığını düşünüyordu.

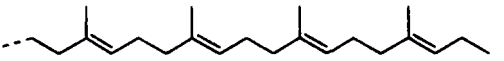
KAUÇUĞU ESNETEN NE?

Kimyacı olmadığı için Goodyear'ın kükürt ve ısının neden kauçuk üzerinde böylesine olumlu sonuç verdiği hakkında hiçbir fikri yoktu. İzoprenin yapısından habersizdi, doğal kauçuğun onun polimeri olduğunun ve kükürtle kauçuk molekülleri arasındaki o önemli çapraz bağlantıyı kurduğunun farkında değildi. Isı verildiğinde, kükürt atomları uzun kauçuk molekül zincirlerini yerlerinde tutan çapraz bağlar kuruyordu. Goodyear'ın, Roma ateş tanrısı Vulkan'ın onuruna vulkanizasyon diye adlandırılan rastlantısal keşfinden yetmiş küsur yıl sonradır ki, İngiliz kimyacı Samuel Shrowder Pickles kauçuğun, izoprenin doğrusal bir polimeri olduğu fikrini ortaya attı ve böylece vulkanizasyon süreci sonunda açıklanmış oldu.

Kauçuğun ya da lastiğin elastik özellikleri, kimyasal yapısının doğrudan bir sonucudur. İzopren polimerinin rasgele sarmal halde bulunan zincirleri gerilince düzleşir ve gerilme yönünde sıralanırlar. Geren kuvvet ortadan kalktığındaysa, eski sarmal biçimlerine dönerler. Doğal kauçuk molekülünün tümüyle cis biçimindeki uzun, esnek zincirler, birbirleriyle çok sayıda çapraz bağ kuracak kadar yakın değildir, dolayısıyla da aynı yönde dizilmiş moleküller, madde gerilim altındayken birbirlerinin yanından kayıp gidebilir. Şimdi bunu tümüyle trans biçimdeki oldukça düzenli zigzaglarla karşılaştıralım. Bu moleküller birbirlerine yakın konumda bulunabilir ve uzun zincirlerin birbirlerinin yanından kayarak geçmesini önleyen etkili çapraz bağlar kurabildiklerinden esneme mümkün olmaz. Bu nedenle trans-izoprenler olan gutta-percha ve balata katı, bükülmez kütlelerken, bir cis-izopren olan kauçuk esnek bir elastomerdir.

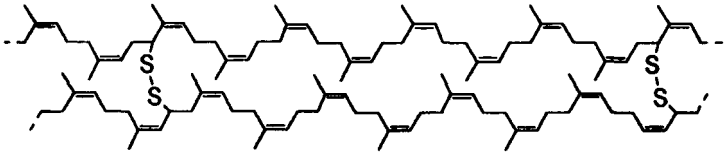


Kauçuk molekülünün geniş yer tutan cis izomer zinciri, başka bir kauçuk molekülüne kolayca yanaşamadığı için az sayıda çapraz bağ oluşur. Gerilme sırasında moleküller birbirlerinin yanından kayarak geçerler.



Zigzag biçimli trans izomer zincirleri birbirlerine kolayca sokulabildiklerinden komşu moleküller arasında birçok çapraz bağ kurulabilir. Bu, zincirlerin birbiri yanından kaymasını önler; dolayısıyla da gutta-percha ve balata esnemez.

Goodyear doğal kauçuğa kükürt katıp ısıtarak, kükürt-kükürt bağları aracılığıyla zincirler arasında çapraz bağlar oluşturmuştu. Bu yeni bağların oluşması için ısıtma gerekiyordu. Bu disülfür bağlarından yeterli sayıda oluşması, kauçuk moleküllerinin esnek kalmasını sağlarken, birbirlerinin yanından kayıp gitmesini de zorlaştırıyordu.



Kaymayı güçleştiren disülfür (-s-s-) çapraz bağlı kauçuk molekülleri

Goodyear'ın keşfinin ardından vulkanize edilmiş kauçuk dünyadaki önemli metalardan biri ve savaşlarda kritik önemde bir malzeme haline geldi. Yalnızca yüzde 0,3 oranında kükürt, doğal kauçuğun esnekliğinin sınırlı sıcaklık aralığını değiştirdiğinden, madde artık sıcakta yapışkan soğukta kırılgan olmaktan çıkar. Lastik bant yapımında kullanılan yumuşak kauçuk yüzde 1-3 arasında kükürt içerir. Yüzde 3-10 aralığında kükürt katılmış kauçuk daha çok çapraz bağa sahiptir; esnekliği daha azdır ve araba lastikleri için kullanılır. Daha fazla çapraz bağ olursa, artık kauçuk esneklik gerektiren kullanımlar için uygun olmaktan çıkar; buna rağmen Goodyear'ın kardeşi Nelson tarafından geliştirilen ve yalıtkan olarak kullanılan çok sert, siyah bir madde olan ebonit, yüzde 23-35 oranında kükürt içeren vulkanize edilmiş kauçuktur.

KAUÇUK TARİHİ ETKİLİYOR

Vulkanize kauçuğun vadettiği olanaklar fark edilince, ona olan talep patladı. Tropikal ağaçlardan birçoğu kauçuğumsu lateks maddesi salgılasa da, *Hevea* türü bir tek Amazon yağmur ormanlarında bulunuyordu. Yalnızca birkaç yıl içinde "kauçuk baronları", borçlandırılarak boğaz tokluğuna çalıştırılan ve genellikle Amazon havzasının yerlileri olan işçilerin emeğinden büyük servetler edindi. Genelde kölelik olarak görülmemiş olmakla birlikte, işçilerin borca bağlandığı bu çalıştırma sistemi de en azından köleliğe yakın bir uygulama olarak kabul edilmelidir. Çalışmak isteyenler işe alınır alınmaz, işverenden malzeme ve evrak alabilmeleri için kendilerine kredi veriliyordu. Ücretler aldıklarının maliyetini karşılamaktan uzak olduğu için borçları sürekli artıyordu. Kauçuk toplayıcılar, gündoğumundan günbatımına kadar kauçuk ağaçlarını "sağıyor", lateksi topluyor, pıhtılaşan kütleyi ateşlerin yoğun dumanıyla terbiye ediyor ve kararmış, katılaşmış lateks toplarını nakliye için nehir kıyısına taşıyorlardı. Aralıktan hazirana kadar süren yağmur mevsiminde lateks katılaşmadığından, işçiler mevsimi derme çatma kamplarında, kaçmaya çalışanları gözlerini kırpmadan vurmaya hazır muhafızların gözetimi altında geçiriyorlardı.

Amazon havzasındaki ağaçların yüzde 1'inden daha azı kauçuk ağacıydı. En verimli ağaçlardan elde edilen kauçuk da yılda bir buçuk kiloyu geçmiyordu. İşinin ehli bir sağıcı, günde on iki kilo kadar tütsülenmiş kauçuk üretebiliyordu. Top haline getirilen tütsülenmiş lateks, kanolarla ticaret merkezlerine taşınıyor ve sonunda Atlantik kıyısından yaklaşık 1500 kilometre içeride, Negro Nehri'nin Amazon'la birleştiği noktanın 18 km uzağındaki Manaus kentine ulaşıyordu. Manaus, küçük bir tropik nehir kasabasıyken, kauçuk sayesinde büyük, hareketli bir kente dönüştü. Büyük çoğunluğu Avrupalı olan ve muazzam bir kâr elde eden yüz kadar kauçuk baronunun lüks yaşam tarzlarıyla, nehrin yukarısında borca bağlanmış işçilerin içinde yaşadıkları sefalet arasındaki fark kendini en çok Manaus'ta gösteriyordu. Devasa malikâneler, süslü, zarif arabalar, her türden egzotik mal ve eşyanın bulunduğu lüks mağazalar, bakımlı bahçeler

ve servet ile refahın tüm öteki göstergeleri, 1890-1920 yılları arasındaki Amazon kauçuk tekeli döneminde Manaus'ta mevcuttu. Büyük bir opera binası, Avrupa ve Amerika tiyatrolarının en ünlü yıldızlarını çekiyordu. Bir ara Manaus, dünyada en fazla elmas satın alınan yer olma özelliğine bile sahipti.

Ancak, kauçuk balonu patlamak üzereydi. Daha 1870'lerde İngiltere tropikal ormanlardaki yabani kauçuk ağacı katliamından endişe duymaya başlamıştı. Sağlam ağaçlardan yılda sağılan bir buçuk kilo latekse karşılık, kesilen her ağaçtan 45 kiloya kadar lateks süzülebiliyordu. Peru tabaka kauçuğu denen ve ev döşemeleriyle çocuk oyuncaklarında kullanılan düşük kaliteli doğal kauçuk üreten bir tür olan kastilya ağacı, bu uygulama nedeniyle yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kaldı. 1876 yılında Henry Alexander Wickham adlı bir İngiliz, kiraladığı bir gemiye (daha sonra kauçuk lateksinin en üretken kaynağı olduğu anlaşılacak olan) *Hevea brasiliensis* ağacının 70.000 tohumunu yükleyerek Amazon'dan ayrıldı. Amazon ormanlarında *Hevea*'nın on yedi farklı türü vardı. Wickham'ın bu yağlı tohumları en verimli türe ait olduklarını bilerek mi topladığı, yoksa kendisine şansın mı yardım ettiği bilinmiyor. Ayrıca kiraladığı geminin Brezilyalı yetkililerce neden aranmadığı da pek açık değil. Belki de yetkililer kauçuk ağacının Amazon havzası dışında bir yerde yetişemeyeceğini düşünüyorlardı.

Wickham yolculuk sırasında yağlı tohumların çürümesini ya da filizlenmesini önlemek için onları güzelce paketlemişti. Ve 1876 Haziranında bir sabah erkenden Londra yakınlarındaki Kew Botanik Bahçeleri'nin yöneticisi ünlü botanist Joseph Hooker'ın kapısını çaldı. Tohumların yeşertilmesi için özel bir bina inşa edildi ve ekilen kauçuk ağacı tohumlarından bazıları filiz verdi. Bunlar, yeni bir kauçuk hanedanını başlatmak üzere Asya'ya gönderilecek olan bin dokuz yüz kauçuk ağacı fidanının öncüleriydi. Minyatür seralara konan ve özenle bakılan ilk fidanlar, bugün Sri Lanka olan Seylan adasındaki Kolombo kentine gönderildi.

O sıralar kauçuk ağacının büyüme özellikleri ve Asya'daki yetişme koşullarının lateks üretimini nasıl etkileyeceği konularında pek bir şey bilinmiyordu. Kew Bahçeleri, *Hevea brasiliensis* yetiştirilmesinin tüm veçhelerini kapsayan bir bilimsel araştırma programı

başlattı ve sanıldığının tersine, iyi bakılan ağaçlardan her gün lateks sağımı yapılabileceğini gösterdi. Yabani ağaçlarda en erken sağım zamanının yirmi beş yıl olduğu tahmin edilirken, ekimi yapılan ağaçlarda üretim dört yıl içinde başlayabiliyordu.

İlk iki kauçuk plantasyonu, Güneydoğu Asya'da Malay yarımadasında günümüzde Malezya olan ülkenin batısındaki Selangor'da kuruldu. 1896'da şeffaf, amber renkli Malaya kauçuğu ilk kez Londra'ya ulaştı. Çok geçmeden Hollandalılar da Java ve Sumatra'da plantasyonlar oluşturdular ve 1907 yılına gelindiğinde İngilizler, Malaya ve Seylan'da düzenli sıralar halinde ekilmiş, 1200 kilometrekare alan kaplayan on milyon kadar kauçuk ağacına sahipti. Doğal kauçuk tarımı için gereken işgücünü oluşturabilmek amacıyla Çin'den Malaya'ya, Hindistan'ın Tamil bölgesinden de Seylan'a binlerce göçmen işçi alınmıştı.

Kauçuğa olan talepten Afrika da etkilenmişti; özellikle de Orta Afrika'daki Kongo bölgesi. 1880'lerde, İngilizlerin, Fransızların, Almanların, Portekizlilerin ve İtalyanların Afrika'nın batısı, güneyi ve doğusunun büyük bölümünü paylaşmış olduğunu gören Belçika Kralı II. Leopold, yüzyıllar süren köle ticaretinin bölge nüfusunu azaltmış olduğu ve ötekilerin ilgisini artık pek çekmeyen Orta Afrika'daki bölgeleri sömürgeleştirdi. On dokuzuncu yüzyıldaki fildişi ticareti de bölge üzerinde son derece yıkıcı bir etki yapmış ve geleneksel yaşam biçimlerini altüst etmişti. Fildişi tacirlerinin sıkça kullandıkları bir yöntem, yerlileri yakalayıp fidye olarak da fildişi talep ederek tüm köy sakinlerini ailelerini kurtarabilmek için tehlikeli fil avlarına çıkmaya zorlamaktı. Fildişi zor bulunur hale gelip dünyada da kauçuk fiyatı yükselmeye başlayınca, tacirler fidye olarak Kongo havzasındaki ormanlarda yetişen yabani kauçuk sarmaşığından elde edilen kırmızı kauçuk istemeye başladılar.

Leopold, kauçuk ticaretini, Orta Afrika'da kurulan ilk resmi sömürge yönetiminin finansmanı için kullandı. İngiliz ve Belçikalıların yönetimindeki Hindistan Kauçuk Şirketi ve Antwerp Şirketi gibi ticari kuruluşlara muazzam genişlikte araziler kiraladı. Kauçuktan elde edilen kâr, kauçuğun hacmine bağlıydı. Kauçuk sakızı toplamak Kongolular için zorunlu hale getirildi ve köylüleri tarımdan sağladıkları geçimlerini bırakıp kauçuk sağımına başlamaya ikna

için askeri güç kullanıldı. Birçok köyün halkı, köleleşmemek için Belçikalılardan saklanıyordu. Barbarca cezalara yaygın olarak başvuruluyordu. Yeterince kauçuk toplayamayanların elleri palalarla kesilebiliyordu. Leopold'un rejimine karşı yükseltilen bazı protesto seslerine karşın, öteki sömürgeci ülkeler de, kauçuk işletme imtiyazlarını kiralayan şirketlerin yaygın biçimde zorla çalıştırma yöntemine başvurmalarına ses çıkarmadılar.

TARİH DE KAUÇUĞU ETKİLİYOR

Öteki moleküllerin tersine, kauçuk tarihi değiştirdiği kadar kendisi de tarih tarafından değiştirildi. Şimdi kauçuk (ya da lastik) sözcüğü, gelişimleri yirminci yüzyıldaki olaylarca hızlandırılan birçok farklı polimer yapısı için kullanılıyor. Plantasyonlarda üretilen doğal kauçuğun arzı, hızla Amazon yağmur ormanlarından elde edilen doğal kauçuğunkini geride bıraktı. 1932'ye gelindiğinde, kauçuğun yüzde 98'i Güneydoğu Asya'daki plantasyonlardan geliyordu. İhtiyat rezervi olarak bir kauçuk depolama programı olmasına karşın, hızla gelişen sanayileşme süreci ve ulaştırma sektörü için çok daha fazla miktarlarda kauçuğa gereksinim duyan ABD'nin bu kaynağa olan bağımlılığı, yönetimi endişelendiriyordu. 1941 yılının aralık ayında Japonya Pearl Harbor'a yaptığı baskınla ABD'yi İkinci Dünya Savaşı'na sokunca, Başkan Franklin Delano Roosevelt savaşta ortaya çıkabilecek kauçuk sıkıntısını aşmak için önerilen çözümleri değerlendirmek üzere özel bir komisyon görevlendirdi. Komisyonun vardığı sonuç, "hızla büyük bir kauçuk kaynağı bulunamaması durumunda ülkenin hem savaş kapasitesinin hem de ekonomisinin çökeceği" yolundaydı. Komisyon, farklı eyaletlerde farklı bitki türlerinden, örneğin California kırlarında yetişen tavşan çalısından veya Minnesota'nın hindibalarından kauçuk elde etme fikrini bir kenara bıraktı. Rusya savaş sırasında ülkenin geniş bozkırlarında yetişen hindibalardan bir acil durum kaynağı olarak yararlanmıştı, ama Roosevelt'in komisyonu bu tür kaynaklardan elde edilecek lateksin hem sınırlı hem de kalitesiz olacağı görüşündeydi. Komisyon üyelerine göre tek mantıklı çözüm, sentetik kauçuk üretimiydi. İzoprenin polimerleştirilmesi yoluyla sentetik kauçuk yapma çabaları o

zamana kadar başarılı olamamıştı. Sorun, kauçuğun cis ikili bağlarındaydı. Doğal kauçuk üretildiğinde, enzimler polimerleşme sürecini kontrol ederek ikili bağların cis olmasını sağlar. Sentetik süreçte böyle bir kontrol mekanizması yoktu ve dolayısıyla sonuç hem cis hem de trans biçimlerin rasgele karışımından meydana gelen ikili bağlar oluyordu.

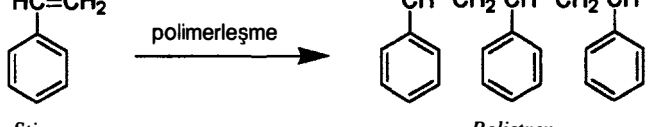
Benzer bir değişken izopren polimerinin Güney Amerika'da yetişen sapodilla ağacı *Achras sapota*'dan elde edilen sakızda doğal olarak bulunduğu bilinmekteydi. "*Chicle*" (çikle) denen bu madde uzun süredir sakız (çiklet) olarak çiğneniyordu. Sakız çiğnemek eski bir âdet gibi görünüyor. Arkeolojik kazılarda tarihöncesi bazı eşyalarla birlikte, çiğnenmiş ağaç reçineleri de bulunmuştur. Eski Yunanlıların çiğnediği, Ortadoğu'nun, Türkiye'nin ve Yunanistan'ın bazı yerlerinde bulunan mastik (sakız) ağacının sakızı bugün de çiğnenmekte. ABD'nin Atlantik kıyısındaki New England bölgesinde yerli Kızılderililerin ladin ağacının sertleşmiş sakızını çiğneme alışkanlıkları Avrupalı göçmenlere de geçmişti. Ladin sakızının kendine özgü, baskın bir tadı vardı; ama aynı zamanda içinde çıkarılması kolay olmayan yabancı maddeler de bulunduğundan, sömürge yerleşimcileri arasında parafin mumundan yapılan sakız daha popüler olmuştu.

Meksika, Guatemala ve Belize'nin eski sakinleri olan Maya halkı tarafından en az bin yıl boyunca çiğnenen çikle, ABD'ye Alamo Kalesi'ni (1836 yılında) fetheden General Antonio López de Santa Anna tarafından sokulmuştu. Sonradan Meksika cumhurbaşkanı olan Santa Anna, 1855 yılı civarında Meksika'nın Rio Grande'nin kuzeyindeki topraklar üzerindeki tüm haklarından vazgeçtiği anlaşmaları imzaladığı için iktidardan düşürüldü ve yurdundan kovuldu. Santa Anna Amerikan kauçuk şirketlerine, kauçuğa alternatif olarak çikle satışlarından sağlayacağı gelirle bir milis ordusu kurup Meksika cumhurbaşkanlığını yeniden ele geçirebilmeyi umuyordu. Ancak, çikledeki rasgele cis ve trans olabilen ikili bağları hesaba katmamıştı. Santa Anna ile fotoğrafçı ve mucit olan ortağı Thomas Adams'ın çabalarına karşın çikle sakızı, kauçuğa kabul edilebilir bir alternatif olabilmesi için vulkanize edilemediği gibi, kauçuk ile de karıştırılamıyordu. Çiklenin herhangi bir ticari değeri yok gibi gö-

rünüyordu; ta ki Adams bir gün çocuğun birinin bakkaldan bir peni karşılığı parafin sakızı satın aldığını görüp Meksika yerlilerinin yıllardır çikle çiğnediklerini hatırlayana kadar. Bunun, ardiyesinde yığınlar halinde duran çikleleri ne yapacağı sorusunun yanıtı olduğunu hemen anladı ve pudra şekeri ile tatlandırılıp çeşitli tatlarda üretilen çikle tabanlı sakız, kısa sürede hızlı bir gelişim gösteren çiklet endüstrisinin temeli oldu.

İkinci Dünya Savaşı'nda uyanık kalmaları için askerlere dağıtılmasına karşın, çikletin savaş için stratejik bir malzeme olduğu pek söylenemezdi. İzoprenden kauçuk yapmak için girişilen deneysel süreçler çikle benzeri polimerler ortaya koymaktan öteye geçmiyordu. İroniktir ki, sentetik kauçuğu üretecek süreç için gereken teknoloji, ABD'nin savaştaki düşmanlarından biri olan Almanya'dan geldi. Birinci Dünya Savaşı sırasında Almanya'nın Güneydoğu Asya'dan sağladığı kauçuk, Müttefik devletlerin ablukasına takılmıştı. Buna yanıt olarak büyük Alman kimya şirketleri, en iyileri stiren bütadien kauçuğu (SBR) denen ve özellikleri doğal kauçuğunkine çok benzeyen bir dizi kauçuğumsu madde geliştirmişlerdi.

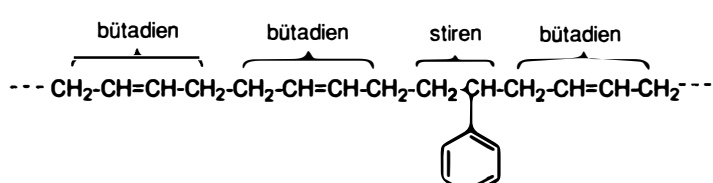
Stiren ilk kez on sekizinci yüzyılın sonlarında Türkiye'nin güneybatısına özgü sığla ağacının (*Liquidamber orientalis*) yağından elde edildi. Yağdan yalıtılan stirenin birkaç ay sonra jöle kıvamı aldığı, yani polimerleşmeye başladığı görülmüştü.



Stiren *Polistren*

Günümüzde *polistiren* diye adlandırılan bu polimer, ince plastik kaplamalar, paketlemede dolgu malzemesi ya da koruyucu ve stirofom çay-kahve bardaklarında kullanılıyor. 1866'dan beri sentetik olarak üretilen stirenle birlikte bütadien, Alman kimya şirketi IG Farben tarafından üretilen sentetik kauçuk için başlangıç malzemeleri olarak kullanılmıştı. SBR içinde bütadienin (CH_2=CH-CH=CH_2) stirene oranı üçe bir (üç bütadien, bir stiren) kadardır. Tam oranı ve

yapısı değişken olmakla birlikte, ikili bağların rasgele cis ya da trans olduğu düşünülüyor.



Stiren bütadien kauçuğunun (SBR) yapısının bir bölümü. SBR kükürtle vulkanize edilebilir.

1929 yılında ABD'nin en büyük petrol şirketlerinden New Jersey merkezli Standard Oil Company, IG Farben ile sentetik petrolle ilgili araştırma süreçlerinin paylaşılması temelinde bir ortaklık kurdu. Ortaklık sözleşmesinin bir hükmüne göre Standard Oil, IG Farben'in, SBR üzerinde olan da dahil bazı patentlerinden yararlanabilecekti. Ancak IG Farben teknik ayrıntıları paylaşma yükümlülüğü altına girmemişti ve Almanya'da iktidara gelmiş olan Nazi yönetimi de şirkete Almanya'nın gelişmiş sentetik kauçuk teknolojisi hakkında bilgi iletmemesi talimatını verdi.

Ancak daha sonra IG Farben, Amerikalıların kendi sentetik kauçuklarını yapabilmelerine yarayacak kadar teknik bilgi içermediği düşüncesiyle SBR patentini Standard Oil'a açtı. Fakat Alman şirketi düşüncesinde yanılmıştı. ABD'deki kimya endüstrisi seferber oldu ve bir SBR üretim süreci geliştirme çalışmaları hızla tamamlandı. 1941 yılında Amerikan sentetik kauçuk üretimi yalnızca sekiz bin tonken, 1945'e gelindiğinde bu rakam 800.000 tona çıkmış ve ülkenin toplam kauçuk tüketiminin önemli bir bölümünü karşılar duruma gelmişti. Böylesine kısa sürede böylesine büyük miktarlarda kauçuk üretebilmenin, atom bombası yapılmasının ardından yirminci yüzyılın ikinci en büyük mühendislik (ve kimya) başarısı olduğu söylenmiştir. İzleyen 20-30 yıl içinde daha başka sentetik kauçuk türleri (neopren, butil kauçuk ve Buna-N) yaratıldı. *Kauçuk* sözcüğü, izoprenden başka başlangıç malzemelerinden yapılmış ama özellikleri doğal kauçuğunkine yakın polimerleri de kapsamaya başladı.

1953 yılında Almanya'da Karl Ziegler ve İtalya'da Giulio Natta sentetik kauçuk üretimini daha da rafine hale getirdi. Ziegler ve Natta –birbirlerinden bağımsız olarak– kullanılan katalizatöre göre cis ya da trans ikili bağlar üreten sistemler geliştirdi. Artık doğal kauçuğu sentetik olarak üretmek mümkün hale gelmişti. Ziegler-Natta katalizörlerinin keşfi bu iki kimyacıya 1963 Nobel Kimya Ödülü'nü kazandırdı ve özellikleri kesin olarak kontrol edilebilen polimerlerin üretimini mümkün kılarak kimya endüstrisinde devrim yarattı. Böylece daha esnek, daha sağlam, daha dayanıklı, daha sert, çözücülerden ya da morötesi ışıktan daha az etkilenen, çatlamaya daha dirençli kauçuk polimerleri yapılabildi.

Dünyamız kauçuk tarafından biçimlendirildi. Kauçuk ürünleri için gerekli hammaddelerin toplanışı toplum ve çevre üzerinde büyük etki yaptı. Örneğin Amazon havzasında kauçuk ağacı katliamı, yağmur ormanlarının kaynaklarının kötüye kullanımı ve eşsiz bir ortamın yok edilmesi, bu zincirin yalnızca bir halkasıydı. Bölgenin yerli halkına yapılan utanç verici muamele bugün bile değişmiş değil. Günümüzde de lateks toplayan yerli halkların torunlarının geleneksel yaşam alanları, yeni kaynak arayışındaki girişimcilerin ve dar gelirli çiftçilerin istilası altında. Belçika Kongosu'nun acımasız sömürüsü bugün bile bölgede varlığını belli eden bir istikrarsızlık, şiddet ve çatışma mirası bıraktı. Yüz küsur yıl önce işçilerin Asya'daki kauçuk plantasyonlarına kitlesel göçü, günümüzde Malezya ve Sri Lanka'nın etnik, kültürel ve siyasi görünümünü etkilemeye devam ediyor.

Kauçuk dünyamızı biçimlendirmeyi bugün de sürdürüyor. Kauçuk olmadan, mekanizasyonun getirdiği muazzam değişimler gerçekleşemezdi. Mekanizasyon, makineler için doğal ya da yapay kauçuktan parçalar –kayışlar, contalar, mafsallar, vanalar, o-halkaları, su püskürteçleri, tekerlek lastikleri, tıkaçlar ve saymakla bitmeyecek başka bir sürü şey– gerektirir. Mekanize ulaşım araçları –arabalar, kamyonlar, gemiler, trenler ve uçaklar– insan ve mal taşıma yöntemlerimizi değiştirdi. Endüstrinin mekanizasyonu, yaptığımız işleri ve bu işleri yapma biçimimizi değiştirdi. Tarımın mekanizasyonu kentlerin gelişmesini ve kırsal toplumdan kentsel topluma

geçmemizi sağladı. Kauçuk tüm bu gelişmelerde temel bir rol oynadı.

Geleceğin dünyalarına yönelik keşiflerimizi de kauçuk biçimlendirebilir; çünkü uzay istasyonlarının, uzay elbiselerinin, roketlerin ve mekiklerin temel parçalarını oluşturan bu madde kendi dünyamızın dışındaki dünyaları keşfetmemize imkân sağlıyor. Bununla birlikte, kauçuğun uzun zamandır bilinen özelliklerini dikkate almamamız yıldızlara erişme çabalarımıza gem vurdu bile. NASA'nın polimer teknolojisi konusundaki ileri bilgisine karşın, kauçuğun soğuğa karşı dirençsizliği –ki bu özellik ta o zamanlar La Condamine, Macintosh ve Goodyear tarafından biliniyordu– 1986 yılı ocak ayının soğuk bir gününde uzay mekiği Challenger'ın ölüm hükmünü verdi. Fırlatılış sırasındaki hava sıcaklığı 2,2 °C'ydi, yani bir önceki en soğuk fırlatılış ortamından 9 derece daha düşük. Mekiğin katı yakıt motorunun arka alan mafsalı üzerinde bulunan ve fırlatma rampasının güneş almayan gölge tarafında kalmış olan kauçuk O-halkasının sıcaklığı tahminen –2,2 °C'ydi. Conta görevi yapan O-halkası o dondurucu soğukta esnekliğini yitirmiş ve eski durumuna dönemeyerek bir basınç tapasının görevini yapamamasına neden olmuştu. Sonuçta meydana gelen gaz sızıntısı da Challenger'daki yedi astronotun yaşamına mal olan bir patlamaya yol açmıştı. Bu, şimdi Napolyon'un düğmeleri faktörü diyebileceğimiz, bilinen bir moleküler özelliğin gözardı edilmesinin büyük bir trajik olaydan sorumlu olmasının yakın tarihli bir örneği: "Ve hepsi bir O-halkası yüzünden olup bitti."

9

BOYALAR

BOYALAR GİYSİLERİMİZE, ev eşyalarımıza, aksesuarlarımıza, hatta saçlarımıza renk verir. Ne var ki daha parlak, daha yumuşak ya da daha derin bir ton ararken bile, renge olan düşkünlüğümüzü tatmin etmemizi sağlayan çeşitli bileşikler aklımızın ucundan geçmez. Boyalar ve boya malzemeleri, binlerce yıllık tarihçeleri olan doğal ya da insan yapımı moleküllerden oluşur. Boyaların keşfi ve kullanımı günümüz dünyasının en büyük kimya şirketlerinin doğmasını sağlamıştır.

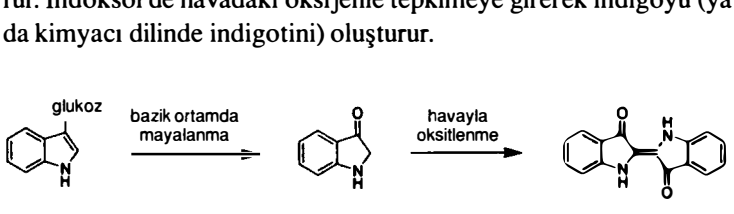
MÖ 3000 yıllarına ait Çin yazılarında, birtakım boya malzemelerinin çıkarılışı ve hazırlanmasından bahsedilir. Bunlar insanlığın kimya uygulamaları yolundaki ilk çabaları sayılabilir. İlk boyalar genellikle bitkilerden –bitkilerin köklerinden, yapraklarından, kabuklarından ya da böğürtlen ve benzer meyvelerinden– elde edilirdi. Bunların çıkarılması için yöntemler belliydi ve genelde oldukça karmaşıktı. Boya malzemelerinin çoğu, önceden işlemden geçmemiş liflere kalıcı biçimde bağlanmıyordu. Kumaşların önceden mordan denen ve boyaların kumaş liflerine tutunmasını sağlayan sabitleyici maddelerle yıkanması gerekiyordu. İlk boyalar çok revaçta ve çok kıymetli olmalarına karşın, kullanımlarıyla ilgili pek çok sorun vardı. Birçoğu zor bulunuyordu, elde edildikleri bitkiler dar bir alana özgüydü, renkleri güçlü değildi ya da güneşte hızla soluyordu. İlk boyaların pek azı kalıcı oluyor, çoğu her yıkamada renk atıyordu.

TEMEL RENKLER

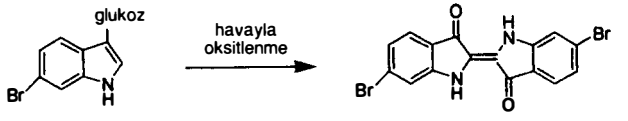
Özellikle mavi çok aranan bir renkti. Kırmızı ve sarıya kıyasla mavi tonlar bitkilerde pek yaygın değildi; ama baklagiller ailesinden *Indigofera tinctoria* adlı bitkinin, bir mavi boya türü olan indigonun (lacivert) başlıca kaynağı olduğu biliniyordu. Adı ünlü İsveçli botanikçi Linnaeus tarafından konan *Indigofera tinctoria*, hem tropikal hem de sübtropikal iklimlerde 185 cm boya erişebilir. İndigo, görece daha ılıman bölgelerde, Avrupa ve Asya'nın en eski boya bitkilerinden olan ve İngiltere'de "*woad*", Fransa'daysa "*pastel*" diye bilinen *Isatis tinctoria*'dan da elde edilir. Yedi yüzyıl önce yaptığı yolculuklarda Marco Polo'nun İndus Vadisi'nde indigo kullanıldığını gördüğü söylenir. Ancak, indigonun Marco Polo'nun zamanından çok önceleri Güneydoğu Asya ve Afrika dahil dünyanın birçok bölgesinde yaygın olduğu biliniyor.

İndigo üreten bitkilerin taze yaprakları mavi değildir. Ama alkali ortamlarda mayalanıp ardından oksitlendiklerinde mavi renk ortaya çıkar. Bu süreç dünyanın çeşitli yerlerinde birçok kültür tarafından keşfedilmişti – olasılıkla da bitki yaprakları yanlışlıkla idrarla ıslatılıp ya da külle örtülüp ardından mayalanmaya bırakılınca. Böyle ortamlarda, indigonun koyu mavi rengini ortaya çıkaracak koşullar bulunur.

İndigonun bu rengi üreten tüm bitkilerde bulunan öncül bileşiği, kendisine bağlı bir glukoz birimi taşıyan *indikan* adında bir moleküldür. İndikanın kendisi renksizdir. Ancak, alkali ortamlarda mayalanma, glukoz birimini kopartarak *indoksol* molekülünü oluşturur. İndoksol de havadaki oksijenle tepkimeye girerek indigoyu (ya da kimyacı dilinde indigotini) oluşturur.



İndigo çok değerli bir maddeydi; ama eski boyaların en kıymetlisi, bugün Lübnan'ın güneyindeki Sur liman kentinin adıyla Sur moru diye bilinen çok benzer bir moleküldü. Bazı kültürlerde mor renkli giysiler yasalarla yalnızca kral ya da imparatorlara ait bir ayrıcalık olarak belirlenmişti. Bugün bile mor renk hâlâ bir imparatorluk rengi, bir saltanat sembolü olarak görülür. MÖ 1600 yıllarına ait yazılarda sözü edilen Sur moru, indigonun bir dibromo türevidir; yani iki brom atomu içeren bir indigo molekülüdür. Sur moru, çoğu *Murex* ailesine ait çeşitli deniz salyangozu türlerince salgılanan opak ve sümüğümsü bir maddeden elde ediliyordu. Bu kabuklu hayvanların salgıladığı bileşik, indigo bitkisindeki gibi bir glukoz birimine bağlıdır. Bu madde ancak havayla oksitlendiğinde Sur morunun parlak rengi ortaya çıkar.



Deniz kabuklularının salgıladığı madde (bromoindikan molekülü)

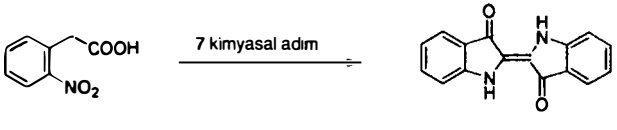
Sur moru (dibromoindigo molekülü)

Brom kara bitki ve hayvanlarında çok ender bulunur; ama deniz suyunda klor ve iyotla birlikte bol miktarda brom bulunduğundan, deniz kökenli kaynaklardan elde edilen bileşiklerin brom içermesi şaşırtıcı değildir. Şaşırtıcı olan, çok farklı kaynaklardan elde edilen bu iki molekülün, bir kara bitkisinden gelen indigo ile bir deniz hayvanından gelen Sur morunun birbirine bu kadar benzemesidir.

Mitoloji, Sur morunun keşfini, bir deniz kabuklusunu çiğneyen köpeğinin ağzının koyu bir mora bulandığını gören Yunanlı kahraman Herkül'e dayandırır. Bu boyanın Fenike İmparatorluğu'na ait bir Akdeniz liman kenti olan ve şimdi Lübnan sınırları içinde bulunan Sur'da imal edilmeye başladığı düşünülüyor. Bir gram Sur moru üretebilmek için yaklaşık dokuz bin salyangoz gerekiyordu. *Murex brandaris* ve *Purpura haemastoma* türü salyangozların kabuklarından oluşan tepeciklere bugün bile Sur ve eski boya ticaretinde önem taşıyan başka bir Fenike kenti olan Sayda'nın (Sidon) kumsallarında rastlanabilir.

Boyayı elde etmek için işçiler bu salyangozların kabuklarını yarıp sivri bir tahta parçasıyla damara benzer küçük bir salgı bezini çıkartıyorlardı. Kumaş bu bezden çıkartılan maddeyle oluşturulan bir çözeltiyi çektikten sonra, rengin ortaya çıkması için havayla temas ettiriliyordu. Boya kumaşa önce açık sarı-yeşil bir ton veriyor, ardından yavaş yavaş mavileşen renk sonunda mora dönüşüyordu. Sur moru, Romalı senatörler, Mısır firavunları ve Avrupalı soylular ile hanedan mensuplarının giysilerini renklendiriyordu. Talep öylesine yoğundu ki, MS 400 yılında bu maddeyi üreten salyangoz türlerinin soyu tükenme tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştı.

İndigo ve Sur moru yüzyıllar boyunca bu emek yoğun yöntemlerle üretildi. Ancak on dokuzuncu yüzyılın sonundadır ki, indigonun sentetik bir türü pazara çıkabildi. 1865 yılında Alman kimyacı Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer indigonun yapısını incelemeye başladı. 1880'e gelindiğinde, bu bileşiği laboratuvarında kolayca sağlanabilen başlangıç malzemeleriyle yapabilecek duruma gelmişti. Ne var ki Alman kimya şirketi Badische Anilin und Soda Fabrik (BASF) tarafından başka bir yöntemle üretilen ve pazarlanan indigonun ticari rekabet gücü kazanabilmesi için on yedi yıl daha geçmesi gerekecekti.

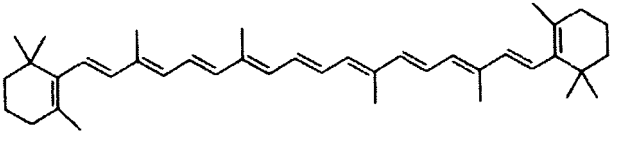


Baeyer'in ilk indigo sentezi yedi ayrı kimyasal tepkime gerektiriyordu.

Bu, yaygın doğal indigo endüstrisindeki çöküşün başlangıcıydı. Sentetik boya, geçimleri doğal indigo bitkilerini yetiştirip özünü çıkarmaya dayanan binlerce kişinin yaşam biçiminin değişmesi demekti. Günümüzde on dört bin tonu aşan yıllık üretimi, sentetik indigoyu en önemli endüstriyel boyalardan biri yapmış durumda. Sentetik indigo da doğalı gibi kolayca renk atmasıyla bilinse de, bu özelliği blucinlerde bir moda avantajı sayılıyor ve yaygın olarak kullanılıyor. Bugün milyonlarca blucin, önceden soldurulmuş indigo denim kumaşından yapılıyor. İndigonun dibromo türevi olan Sur

moru da –indigo sentezindekine benzer bir süreçle sentetik olarak üretildiyse de– yerini öteki mor boyalara bırakmış durumda.

Boyalar tekstillerin liflerine geçen renkli organik bileşiklerdir. Bu bileşiklerin moleküler yapısı, görünür ışık tayfındaki belirli dalga boylarına sahip ışığın soğurulmasını sağlar. Gördüğümüz boyanın gerçek rengi, çeşitli dalga boylarına sahip ışınlardan hangilerinin soğurulduğuna değil hangilerinin yansıtıldığına bağlıdır. Eğer tüm dalga boyları soğurulursa hiç ışık yansımaz ve boyalı kumaşın gördüğümüz rengi siyahtır. Buna karşılık, hiçbir dalga boyu soğurulmazsa kumaş üzerine düşen ışığın tümü geri yansır ve rengini beyaz olarak görürüz. Yalnızca kırmızının dalga boyuna sahip ışınların soğurulması durumunda, yansıyan ışık kırmızının tamamlayıcı rengi olan yeşildir. Soğurulan dalga boyu ile molekülün kimyasal yapısı arasındaki ilişki, güneş yanığını önlemek için geliştirilen krem vb. ürünlerin morötesi ışınları soğurmasına benzer. Yani bir tekli, bir ikili olmak üzere art arda dizilmiş moleküler bağların varlığına bağlıdır. Ancak, soğurulan dalga boyunun morötesi yerine görünür ışık tayf aralığından olması için bu tekli-ikili bağların çok daha fazla sayıda olması gerekir. Bu diziliş, havuç ve balkabağına turuncu rengini veren ß-karoten molekülünün yapısında aşağıda gösterilmiştir.

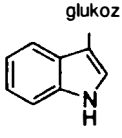


ß-karoten (turuncu)

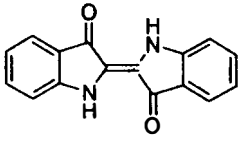
Karotendeki gibi bir tekli, bir ikili olmak üzere art arda dizilen bağlar "eşlenik" olarak nitelendirilir. ß-karoten'de bu eşlenik ikili bağlardan on bir tane bulunur. Oksijen, nitrojen, kükürt, brom ya da klorun da bu atlamalı dizilimin bir parçası olmaları durumunda, eşleniklik uzatılıp soğurulan ışığın dalga boyu değiştirilebilir.

İndigo ve *woad* bitkilerinden elde edilen indikan molekülü birtakım eşlenik bağlar içerir, ama bunlar renkli görünmesini sağlayacak sayıda değildir. Buna karşılık, indigo molekülünde atlamalı dizilmiş

tekli ve ikili bağların sayısı indikanda olanın iki katıdır ve ayrıca eşlenik bileşimin parçası olarak oksijen atomları da içerir. Böylelikle görünür tayf bölgesinden ışık soğurabilmek için yeterli sayıda ve uygun dizilimde bağa sahip olması, indigonun koyu rengini açıklar.



İndikan (renksiz)



İndigo (mavi)

Organik boyalardan farklı olarak, ince toz haline getirilmiş mineraller ve başka inorganik bileşikler de eski çağlardan beri renk oluşturmakta kullanılmıştır. Ama mağara resimlerinde, mezar süslemelerinde, tablolarda, duvar resimlerinde ve fresklerde bulunan bu *pigmentlerin* renkleri de belli dalga boylarına sahip ışık ışınlarının soğurulmasından kaynaklansa da bunların eşlenik ikili bağlarla bir ilgisi yoktur.

Eski çağlarda yaygın olarak kullanılan iki boya, çok farklı kaynaklardan gelmelerine karşın şaşırtıcı derecede yakın kimyasal yapılara sahiptir. Bunlardan birincisi kızılkök bitkisinin kökünden elde edilir. *Rubiaceae* ailesinden olan kızılkök bitkileri, alizarin adlı bir boya içerir. Alizarin büyük olasılıkla ilk önce Hindistan'da kullanılmıştı, ama eski Yunanlılar ve Romalılarca kullanılmadan çok önce İran ve Mısır'da da bilinmekteydi. Rengini kumaşa sabitlemek için başka bir kimyasalın, bir metal iyonunun (mordan) eklenmesi gerekiyordu. Kumaşa önce farklı metal tuzlarıyla yapılmış mordan çözeltileri uygulanarak farklı renkler elde edilebilir. Sabitleyici olarak alüminyum iyonu kullanıldığında gül kırmızısı rengi ortaya çıkar; magnezyum mordanı, menekşe rengi verir; kromla kahverengimsi bir menekşe rengi, kalsiyumla kırmızımsı bir mor ortaya çıkar. Sabitleyici içinde hem alüminyum hem de kalsiyum iyonları bulunduğunda elde edilen parlak kırmızı renk, boyama sürecinde kille birlikte, kurutulup ezilerek toz haline getirilen kızılkök bitkisinin köklerinin kullanılmasıyla üretilmiş olmalı. Bu, Büyük İsken-

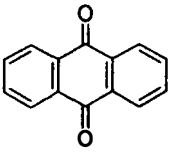
der'in MÖ 320 yılında düşmanını gereksiz bir savaşa çekmek için yaptığı hilede kullandığı boya-mordan bileşimi olsa gerek. İskender, askerlerine giysileri üzerine kan kırmızısı boyayla büyük lekeler yapmalarını emretmiş. Karşılarındakini canlarını zor kurtarmış yaralı askerler olarak gören ve fazla bir direnç beklemeden saldıran Pers ordusu, İskender'in çok daha az sayıdaki askeri –ve eğer hikâye doğruysa, alizarin molekülü– tarafından kolaylıkla alt edilmiş.

Boyalar uzun zamandan beri ordu üniformalarıyla ilintilendirilmiştir. Amerikan İhtilali sırasında Fransa tarafından Amerikalılara verilen mavi ceketler indigo ile boyanmıştı. Fransız ordusuysa Türkiye kırmızısı denen bir alizarin boya kullanıyordu. Bu ad boyanın yüzyıllardır Doğu Akdeniz'de kullanılıyor olmasından kaynaklanıyordu, ama aslında büyük olasılıkla ilk kez Hindistan'da ortaya çıktıktan sonra İran ve Suriye üzerinden Türkiye'ye gelmişti. Kızılkök bitkisi ilk kez 1766 yılında Fransa'ya girmiş, on sekizinci yüzyılın sonuna gelindiğindeyse ülkenin en önemli zenginlik kaynaklarından biri olmuştu. Endüstriye hükümet desteği, ilk kez boya endüstrisiyle başlamış olabilir: Fransa Kralı Louis Philippe, Fransa ordusundaki askerlerin Türkiye kırmızısıyla boyanmış pantolonlar giymesini emretmişti. Bundan yüz küsur yıl önceyse İngiltere Kralı II. James, İngiliz boyacılarını korumak için ülke dışına boyasız kumaş satışını yasaklamıştı.

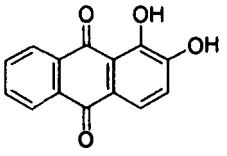
Doğal boyalarla boyamak her zaman tutarlı sonuçlar vermiyordu ve genellikle zahmetli, vakit alıcı bir süreçti. Ancak, Türkiye kırmızısı bir kez tutturulduğunda güzel ve parlak bir renk veriyor ve solmuyordu. Sürecin kimyası pek bilinmiyordu ve bugün işlemlerden bazıları biraz garip ve gereksiz görünüyor. Zamanın boyacılarının elkitaplarında kaydedilen on ayrı işlemden birçoğu bir kereden fazla tekrarlanıyordu. Çeşitli aşamalarda kumaş ya da eğirilmiş iplik potasla (potasyum tuzu) ve sabunlu suyla kaynatılıyor; karışıma zeytinyağı, sülfat tuzları ve biraz tebeşir tozu katılarak boya sabitleyici hale getiriliyor; koyun gübresi, tabaklama malzemesi ve bir kalay tuzuyla terbiye ediliyor ve kök boyayla boyandıktan sonra dere suyuyla yıkanıyordu.

Şimdiyse Türkiye kırmızısı rengini ve kök boyanın başka tonlarını veren alizarin molekülünün yapısını biliyoruz. Alizarin, bir dizi

doğal boyama malzemesinin anası olan antrakinon adlı bileşiğin bir türevidir. Ellinin üzerinde antrakinon temelli bileşik, böceklerde, bitkilerde, mantarlarda ve likenlerde belirlenmiştir. İndigo molekülünde olduğu gibi, ana antrakinon da renksizdir. Ancak, alizarinin sağ taraftaki halkası üzerindeki iki OH grubu, molekülün geri kalanındaki atlamalı sıralanmış tekli ve ikili bağlarla birlikte alizarine görünür ışığı soğurabilmek için yeterli eşleniklik kazandırır.

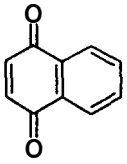


Antrakinon (renksiz)

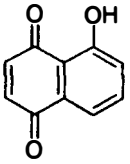


Alizarin (kırmızı)

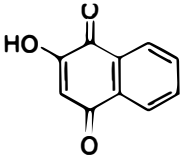
Bu bileşiklerde renk üretilmesinde OH grupları, halkaların sayısından daha önemli rol oynar. Bu durum, antrakinonun üç halkasına karşılık iki halka içeren naftokinon molekülünün türevi olan bileşikler için de geçerlidir.



Naftokinon (renksiz)

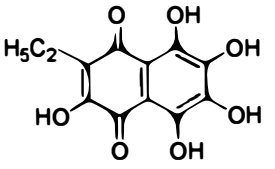


Juglon (ceviz) (kahverengi)



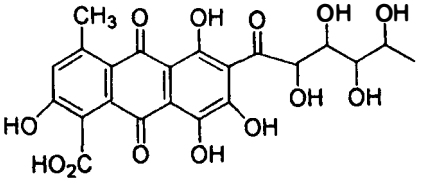
Lawson (kına) (kızılkahve)

Naftokinon molekülü renksizdir; naftokinonun renkli türevleri arasında cevizde bulunan juglon ve Hint kınasının renk verici maddesi olan lovzon (*lawsone*) sayılabilir. Renkli naftokinonlar, denizkestanelerinde ve kum doları denen yassı deniz canlılarında bulunan bir kırmızı pigment olan *ekinokrom* örneğinde olduğu gibi, birden fazla OH grubu içerebilirler.



Ekinokrom (kırmızı)

Kimyasal olarak alizarine benzeyen bir başka antrakinon türevi karminik asittir: eski çağlarda kullanılan bir diğer kırmızı boya olan koşinil (*cochineal*) içindeki temel boya molekülü. Dişi koşinil böceğinin (*Dactylopius coccus*) gövdesinin ezilmesiyle elde edilen karminik asit çok sayıda OH grubu içerir.



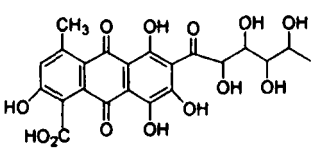
Karminik asit (nar çiçeği kırmızısı)

Koşinil, İspanyol fatih Hernán Cortés'in 1519'da Yeni Dünya'ya gelişinden çok önce Aztekler tarafından kullanılan bir boyaydı. Koşinil Avrupa'ya Cortés tarafından getirildi; ama bu kıymetli nar çiçeği kırmızısı boya üzerindeki İspanyol tekelini korumak için kaynağı on sekizinci yüzyıla kadar gizli tutuldu. Daha sonra İngiliz askerlerine koşinil boyalı ceketleri nedeniyle "kırmızı ceketliler" adı takıldı. Bu özel renge sahip kumaşlar üretmek için hükümetle İngiliz boyacılar arasındaki sözleşmeler yirminci yüzyılın başlarında bile geçerliliğini sürdürüyordu. O sıralar Batı Hint Adaları'ndaki İngiliz kolonileri önemli koşinil üreticileri olduğundan, muhtemelen bu da boya endüstrisine sağlanan bir hükümet desteğiydi.

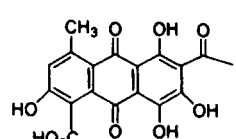
Karmin diye de adlandırılan koşinil pahalıydı. Yaklaşık yarım kilo boya için 70.000 kadar böcek gerekiyordu. Küçük, kurumuş koşinil böcekleri tahılı andırdığından, Meksika'nın tropikal bölgele-

rindeki kaktüs plantasyonlarıyla Orta ve Güney Amerika'dan boyanın çıkartılması için İspanya'ya gönderilen hammadde çuvallarının içeriğine "kırmızı tahıl" deniyordu. Günümüzde boyanın başlıca üreticisi, dünya üretiminin yüzde 85'ine karşılık gelen yılda dört yüz tonluk ürünle Peru'dur.

Böcek özlerini boya olarak kullanan tek halk Aztekler değildi. Eski Mısırlılar giysilerini –kadınları da dudaklarını– kermes böceğinin (*Coccus ilicis*) vücudundan sıkılan kırmızı sıvıyla renklendiriyorlardı. Bu böcekten elde edilen kırmızı pigment büyük ölçüde kermesik asittir ve bu molekül, Yeni Dünya'da koşinilden çıkarılan karminik asitle olağanüstü benzerlik gösterir. Ama karminik asidin aksine kermesik asit hiçbir zaman yaygın kullanım bulamamıştır.



Karminik asit (nar çiçeği kırmızısı)



Kermesik asit (parlak kırmızı)

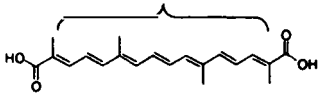
Kermesik asidin, koşinilin ve Sur morunun üçünün de hayvanlardan elde edilmesine karşılık, boyacılar için başlangıç malzemelerinin büyük çoğunluğunu bitkiler sağlamaktaydı. İndigo ve *woad*'dan elde edilen mavi ve kızılkökten elde edilen kırmızıdan sonra, üçüncü asal renk, safran çiğdeminden (*Crocus sativus*) elde edilen parlak bir sarı-turuncu tondu. Safran, çiçeklerin "tepecik" de denen ve yumurtalık için çiçek tozlarını (polen) tutan stigma adlı organlarından elde edilir. Bu çiğdem Doğu Akdeniz'e özgüydü ve Girit adasındaki Minos Uygarlığı tarafından MÖ 1900 yıllarında bile kullanılıyordu. Ayrıca Ortadoğu'da da yaygın olarak yetişiyor ve Romalılar zamanında boyanın yanı sıra baharat, ilaç ve parfüm olarak da kullanılıyordu.

Bir zamanlar Avrupa'da yaygın olan safran yetiştiriciliği, Sanayi Devrimi sırasında iki nedenle geriledi. Birincisi, teker teker toplanan her çiçek içindeki üç stigmanın birer birer koparılıp alınması gerekiyordu. Bu son derece emek yoğun bir süreçti ve artık kırsal

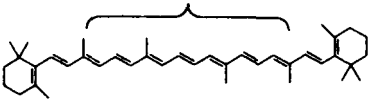
bölgelerdeki yerel işçiler fabrikalarda çalışmak için kentlere göç etmişlerdi. İkinci neden kimyasaldı. Safran özellikle de yüne güzel, pırıl pırıl bir renk vermesine karşın renkler pek kalıcı olmuyordu. İnsan yapımı boyalar geliştirilince, bir zamanların büyük safran endüstrisi de yok olup gitti.

Safran çiğdemi bugün İspanya'da hâlâ yetiştiriliyor ve her çiçek geleneksel biçimde (elle) ve geleneksel zamanda (güneş doğduktan hemen sonra) toplanıyor. Ürünün büyük kısmı artık İspanyolların *paella* ve Fransızların *bouillabaise* gibi geleneksel yemeklerine tat ve renk katmak için kullanılıyor. Zahmetli toplanma yöntemi nedeniyle safran bugün dünyanın en pahalı baharı; yalnızca 30 gram kadar safran elde etmek için on üç bin stigma toplanması gerekiyor.

Safrana karakteristik turuncu-sarı rengini veren, krosetin adlı bir moleküldür. Bu molekülün yapısı, ß-karotene turuncu rengini veren molekülün yapısını andırır. Her ikisi de –aşağıda gösterildiği gibi– yedişer tane atlamalı dizilmiş ikili bağa sahiptir.



Krosetin – safranın rengi

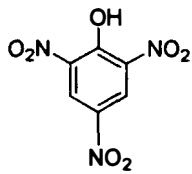


ß-karoten – havucun rengi

Boyama sanatının kuşkusuz bir ev atölyesi zanaatı olarak başlamasına ve bir dereceye kadar günümüzde de öyle sürmesine karşılık, boyacılık binlerce yıl öncesinden bir ticari girişim olarak kayıtlara geçmiştir. MÖ 236 yılına ait bir Mısır papirüsü boyacıları şöyle anlatıyor: "Leş gibi balık kokuyorlar; gözleri yorgun, elleri durmaksızın işliyor." Ortaçağda boyacı loncaları iyi örgütlenmişti ve Kuzey Avrupa'nın yün ticareti ile İtalya ve Fransa'da ipek üretimine paralel olarak zanaat hızlı bir gelişim gösterdi. Köle emeğiyle üretilen indigo bitkisi on sekizinci yüzyılda ABD'nin güneyinde önemli bir ihraç ürünüydü. Pamuğun İngiltere'de önemli bir meta haline gelmesiyle boyacıların hünerlerine olan talepte de büyük artış görüldü.

SENTETİK BOYALAR

1700'lü yılların sonlarından başlayarak, bu zanaatkârların yüzyıllardır sürdürdükleri geleneksel uygulamaları değiştiren sentetik boyalar yapıldı. Bu insan yapımı boyaların ilki, Birinci Dünya Savaşı sırasında mühimmatta kullanılan pikrik asit molekülüydü.



Pikrik asit (trinitrofenol)

Bir fenolik bileşik örneği olarak ilk kez 1771'de sentezlenen pikrik asit, 1788 yılından başlayarak hem yün hem de ipek için boya olarak kullanıldı. Pikrik asit olağanüstü güçlü sarı bir renk vermekle birlikte, öteki nitrat bileşiklerinde de olan bir sakıncası vardı: boyacıların eski doğal sarı boyalarda dikkat etmelerine gerek olmayan patlayıcı potansiyeli. Diğer iki dezavantajıysa, ışıkta çabuk solması ve kolayca elde edilememesiydi.

Sentetik alizarinin yeterli miktar ve nitelikte üretilmesi 1868'i buldu. Sentetik indigo ise 1880'de piyasaya çıktı. Bunların yanı sıra, parlak, berrak tonlara sahip, solmayan ve uygulamada tutarlı sonuçlar veren insan yapımı yeni boyalar da üretildi. 1856 yılında, 18 yaşında bir genç –William Henry Perkin– boya endüstrisinde radikal bir dönüşüm sağlayan sentetik bir boya üretti. Perkin, Londra'daki Royal College of Chemistry'de (Kraliyet Kimya Okulu) öğrenciydi. Babası, kazançlı bir gelecek sağlayacağına inanmadığı için kimyayla uğraşacak vakti olmayan bir müteahhitti. Ama Perkin babasının yanıldığını kanıtladı.

1856 yılının paskalya yortusu tatili sırasında Perkin, evinde kurmuş olduğu küçük laboratuvarı kullanarak sıtma ilacı kinini sentezlemeye çalışmaya karar verdi. Royal College'da kimya öğretmenliği yapan bir Alman olan hocası August Hofmann, kömür katranın-

dan –birkaç yıl sonra cerrah Joseph Lister'a fenol sağlayacak olan o yağlı atıktan– kinin sentezlenebileceğinden emindi. Kininin yapısı bilinmiyor, ama sıtmaya karşı etkinliği onu talebi yüksek, arzıysa sınırlı bir meta yapıyordu. Britanya İmparatorluğu ile öteki Avrupa devletleri, tropikal Hindistan, Afrika ve Güneydoğu Asya'nın sıtmadan kırılan bölgelerinde sömürgelerini genişletmekle meşguldü. Sıtmaya karşı bilinen tek tedavi aracı ve önleyici, Güney Amerika'dan gelen ve miktarı giderek azalan *Cinchona* ağacının kabuğundan yapılan kinindi.

Kininin kimyasal sentezi ses getiren bir başarı olurdu, ama ne yazık ki Perkin'in deneylerinden hiçbiri başarılı olamadı. Yine de denemelerinden biri, etanole batırılınca eriyip koyu mor renkte bir çözelti oluşturan siyah bir madde ortaya çıkardı. Perkin karışıma birkaç ipek parçası batırdığında, kumaş rengi içine çekti. Boyalı ipeği sıcak su ve sabunla yıkadığındaysa renginin atmadığını gördü. Perkin ardından örnekleri güneş ışığında bıraktı; ama boyalı ipek şeritler solmayıp parlak lavanta moru renklerini korudular. Morun boya endüstrisinde ender bulunan pahalı bir renk olduğunun bilincinde olan ve hem pamuklu hem de ipek kumaşlarda solmayan mor bir boyanın ticari değeri olabileceğini hesaplayan Perkin, boyalı bir kumaş örneğini İskoçya'da önde gelen bir boya şirketine gönderdi. Şirketten destekleyici bir yanıt geldi: "Eğer keşfiniz ürünleri çok pahalı yapmayacaksa, çok uzun bir süredir yapılmış en değerli keşiftir."

Bu yüreklendirici tepki Perkin'e yetti. Royal College'dan ayrıldı ve babasının mali desteğiyle buluşunu patentledi, boyayı daha büyük miktarlarda ve daha düşük bir maliyetle üretebilmek için küçük bir fabrika kurdu ve boyanın ipeğin yanı sıra yün ve pamuğa da uygulanmasına ilişkin sorunlar üzerinde çalışmaya başladı. 1859 yılına gelindiğinde, Perkin'in bulduğu leylak rengi (*mauve*) moda dünyasında kasırga gibi esiyordu. Leylak rengi, Fransa İmparatoriçesi Eugénie ile Fransa sarayının favori rengi oldu. İngiltere Kraliçesi Victoria, kızının düğününde ve 1862 yılındaki Londra Sergisi'ni açarken leylak rengi bir elbise giydi. İngiltere ve Fransa saraylarından gelen bu kabulle rengin popülaritesi arttı. 1860'lı yıllar genellikle leylak yılları diye anılır. Hatta İngiliz posta pulları bile 1880'lerin sonlarına kadar leylak renginde basıldı.

Perkin'in buluşunun uzun erimli sonuçları oldu. Bu, bir organik bileşiğin ilk çok adımlı senteziydi ve çok geçmeden bir dizi benzer süreçle kömür gazı endüstrisinin atıklarından birçok farklı renkte boya üretildi. Bunlar topluca katran boyaları ya da anilin boyalar diye tanınıyor. On dokuzuncu yüzyılın sonunda boyacıların kataloglarında iki bin kadar sentetik renk bulunuyordu. Kimyasal boya endüstrisi, bin yıllık geçmişi olan doğal kaynaklardan boya elde etme zanaatının yerini almıştı.

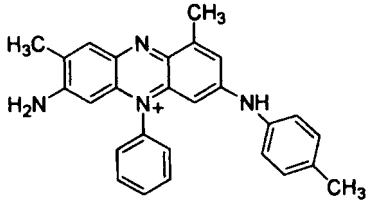
Perkin kinin molekülünden para kazanmasa da, *mauveine* adını verdiği, o güzel leylak rengini üreten molekülden ve daha sonra keşfettiği öteki boya moleküllerinden büyük bir servet edindi. Kimya öğreniminin son derece kârlı olabileceğini gösteren ilk kişi olarak hiç kuşkusuz babasını ilk baştaki kötümser tahminlerini geri almak zorunda bırakmıştı. Perkin'in buluşu ayrıca bir moleküldeki çeşitli atomların tam olarak nasıl birbirlerine bağlandıklarını belirleyen kimya dalı olan yapısal organik kimyanın önemini de gösterdi. Alizarin ve indigo gibi daha eski doğal boyaların yapılarının yanı sıra, yeni boyaların kimyasal yapılarının da bilinmesi gerekiyordu.

Perkin'in başta girişmiş olduğu deney yanlış kimyasal varsayımlara dayanıyordu. O sıralar kininin kimyasal formülünün $C_{20}H_{24}N_2O_2$ olduğu belirlenmişti, ama bu maddenin yapısı hakkında pek bir şey bilinmiyordu. Perkin, aliltoluidin adlı bir başka bileşiğin formülünün $C_{10}H_{13}N$ olduğunu biliyor ve gereken oksijeni sağlayacak potasyum dikromat gibi oksitleyici bir aracının da yardımıyla iki aliltoluidin molekülünü birleştirerek kinin elde edebileceğini düşünüyordu.

$$\underset{\text{aliltoluidin}}{2C_{10}H_{13}N} + \underset{\text{oksijen}}{3O} \rightarrow \underset{\text{kinin}}{C_{20}H_{24}N_2O_2} + \underset{\text{su}}{H_2O}$$

Kimyasal formül açısından Perkin'in düşüncesi mantıksız görünmeyebilir; ama şimdi biliyoruz ki bu tepkime gerçekleşemezdi. Aliltoulidin ve kininin yapılarını bilmeden bir molekülü başka bir moleküle dönüştürmek için gereken kimyasal adımlar tasarlanamaz. Perkin'in oluşturduğu mauvein molekülünün, sentezlemeyi amaçladığı kininden kimyasal açıdan çok farklı olmasının nedeni budur.

Mauvein molekülünün yapısı bugün bile tam olarak anlaşılabilmiş değil. Perkin'in kömür katranından yalıtmış olduğu başlangıç malzemeleri saf değildi ve şimdi leylak renginin, birbirine çok yakın yapıdaki bileşiklerin karışımından oluştuğu düşünülüyor. Leylak rengini ortaya çıkaran başlıca yapının aşağıdaki gibi olduğu varsayılıyor:



Mauevin molekülünün, Perkin'in leylak rengine başlıca katkıyı yaptığı düşünülen bölümü.

Perkin'in leylak rengi boyayı ticari olarak üretme kararı, cahil cesareti deyimini akla getiren gözü kara bir girişimdi. Gençti, boya endüstrisi hakkında fazla bilgisi yoktu ve hele büyük ölçekli kimyasal üretimde en ufak bir deneyime sahip değildi. Dahası, sentezinin verimi çok düşüktü, kuramsal olarak mümkün olan ölçünün en iyimser tahminle yüzde 5'i kadardı. Kaldı ki kömür katranından elde edilen başlangıç malzemelerinin düzenli olarak sağlanması ciddi güçlükler içermekteydi. Daha deneyimli bir kimyacı için bu sorunlar yıldırıcı olurdu, ki Perkin'in başarısı kısmen de deneyimsizliğinin kendisini yolundan döndürmesine izin vermemesine bağlanabilir. Kendisine rehber olacak benzer bir imalat süreci olmadığından Perkin gerekli araç ve süreçleri kendi tasarlayıp denemek zorunda kaldı. Kimyasal sentezi daha büyük ölçeklerde gerçekleştirmeye ilişkin sorunlar için çareler üretildi. Kullanılan asit demir kaplara zarar vereceğinden büyük cam damacanalar yaptırıldı; tepkimelerde aşırı ısınmayı önlemek için soğutma sistemleri kullanıldı; patlamalar ve yayılabilecek zehirli dumanlara karşı önlemler geliştirildi. 1873 yılında Perkin on beş yıl süreyle işlettiği fabrikasını sattı. Servet sahibi biri olarak emekliye ayrıldı ve yaşamının geri kalanını evindeki laboratuvarında kimya üzerine çalışarak geçirdi.

BOYALARIN MİRASI

Günümüzde daha çok kimyasal olarak sentezlenmiş yapay boyalar üreten boya endüstrisi, nihayetinde antibiyotikler, patlayıcılar, parfümler, duvar boyaları, mürekkepler, böcek öldürücüler ve plastikler üretecek olan bir organik kimya sektörünün öncüsü oldu. Emekleme çağındaki organik kimya endüstrisinin geliştiği yer leylak renginin anavatanı olan İngiltere ya da yüzyıllardır boya ve boyacılığın önemli bir işkolu olduğu Fransa değildi. Asıl ilerleme, muazzam bir organik kimya imparatorluğu ile ona temel teşkil eden bilim ve teknolojiyi geliştiren Almanya'da oldu. İngiltere'de ağartma, baskı, seramik, porselen, cam yapımı, tabaklama, damıtma ve mayalama işkolları için hammadde üreten güçlü bir kimya endüstrisi mevcuttu; ama bunlar temel olarak potas, kireç kaymağı, tuz, soda, asit, kükürt, tebeşir ve kil gibi inorganik bileşiklerdi.

Almanya'nın ve bir dereceye kadar da İsviçre'nin sentetik organik kimya ürünlerinde önde gelen oyuncular haline gelmelerinin birçok nedeni vardır. 1870'lere gelindiğinde bazı İngiliz ve Fransız boya üreticileri, boya ve boya üretim süreçleriyle ilgili bitmez tükenmez patent kavgaları nedeniyle sektörden ayrılmak zorunda bırakılmıştı. İngiltere'nin önde gelen girişimcisi olan Perkin emekliye ayrılmış ve yerini dolduracak, gerekli kimya bilgisine, üretim becerilerine ve ticari yeteneğe sahip biri çıkmamıştı. Böyle olunca da İngiltere, belki de ülkenin çıkarlarının aleyhine olduğunun farkına varmadan, giderek gelişen sentetik boya endüstrisi için hammadde ihracatçısı haline geldi. İngiltere endüstriyel üstünlüğünü, ithal ettiği hammaddeleri mamul maddeye dönüştürüp ihraç etmesiyle kazanmıştı. Dolayısıyla, kömür katranının yararlarını ve sentetik kimya endüstrisinin önemini kavrayamaması, Almanya'nın işine yarayan büyük bir hata olmuştu.

Alman boya endüstrisinin gösterdiği gelişmenin bir başka önemli nedeni de endüstri ile üniversiteler arasındaki ortak çalışma kültürüydü. Kimya araştırmalarının üniversitelerin tekelinde olduğu öteki ülkelerin tersine, Almanya'nın akademik kadroları, endüstrideki meslektaşlarıyla yakın bir işbirliği içinde çalışma eğilimindeydi. Bu

sistem Alman kimya endüstrisinin başarısı için hayati önemdeydi. Organik bileşiklerin yapılarını bilmeden ve organik sentezdeki tepkimelerin kimyasal adımları hakkında bilimsel bilgiye sahip olmadan, biliminsanları sonunda modern ilaçları üretecek ileri teknolojiyi geliştiremezlerdi.

Almanya'da kimya endüstrisi üç şirketle büyüdü. 1861 yılında ilk şirket –Badische Anilin und Soda Fabrik (BASF)– Ren Nehri üzerindeki Ludwigshafen'da kuruldu. İlk başta soda külü ve kostik soda gibi inorganik bileşikler üretmek için kurulduysa da, BASF çok geçmeden boya endüstrisinde faaliyet göstermeye başladı. 1868 yılında Carl Graebe ve Carl Liebermann adlarında iki Alman akademisyen, ilk sentetik alizarini ürettiklerini açıkladılar. BASF'nin baş kimyacısı Heinrich Caro Berlin'deki kimyacılarla temas kurdu ve onlarla işbirliği halinde alizarinin ticari üretimini başlattı. Yirminci yüzyılın başına gelindiğinde BASF bu önemli boyadan yılda iki bin ton kadar üretiyor ve günümüzde sektöre egemen beş büyük şirketten biri olma yolunda hızla ilerliyordu.

İkinci büyük Alman kimya şirketi olan Hoechst, BASF'den yalnızca bir yıl sonra kurulmuştu. Şirketin başlangıçta *magenta* ya da *fuchsine* olarak da bilinen parlak kırmızı bir boya olan anilin kırmızısı üretmek için kurulmuş olmasına karşın, Hoechst kimyacıları çok kârlı bir girişim olarak kendi yöntemleriyle alizarin sentezlediler ve patentini aldılar. Yıllar süren araştırmanın ve ciddi miktarda mali yatırımın ürünü olarak sentetik indigo, hem BASF hem de Hoechst için önemli bir gelir kaynağı oldu.

Üçüncü büyük Alman kimya şirketi de sentetik alizarin pazarından payını aldı. Her ne kadar Bayer ismi aspirinle özdeşleşmiş olsa da, 1861'de kurulmuş olan Bayer ve Ortakları, başta anilin boyaları üretiyordu. Aspirin 1853 yılında sentezlenmişti; ama sentetik boyalardan, özellikle de alizarinden sağlanan kârların Bayer ve Ortakları'nın faaliyetlerini ilaç üretimine de yaymasını ve aspirini ticari olarak pazarlamasını mümkün kılması için 1900 yılı civarına kadar beklenmesi gerecekti.

1860'lı yıllarda bu üç şirket, dünyada üretilen sentetik boyaların ancak küçük bir yüzdesini karşılayabiliyorken, 1881'e gelindiğinde payları dünya üretiminin yarısına yükselmişti. Yirminci yüzyılın

başında dünya sentetik boya üretiminde muazzam bir artış olmasına karşın, Almanya dünya boya pazarının yüzde 90'ını ele geçirmişti. Boya imalatının yanı sıra bu şirketler organik kimya sektöründe de liderliği kimseye bırakmadılar ve Alman endüstrisinin gelişmesinde büyük bir rol üstlendiler. Birinci Dünya Savaşı'nın patlak vermesiyle birlikte Alman hükümeti, üretimlerini ileri teknolojili patlayıcılar, zehirli gazlar, ilaçlar, suni gübre ve ülkenin savaş gücünü destekleyecek öteki kimyasalları üretecek biçimde dönüştüren boya şirketlerinin desteğini sağladı.

Birinci Dünya Savaşı'nın ardından Alman ekonomisi ve Alman kimya endüstrisi bunalıma girdi. Durgunlaşmış pazar koşullarıyla baş edebilmek umuduyla önde gelen Alman kimya şirketleri 1925 yılında, Interessengemeinschaft Farbenindustrie Aktiengesellschaft (Boya Malzemeleri Endüstri Kurumları Birliği) ya da genel olarak bilinen adıyla IG Farben'i oluşturdular. *Interessengemeinschaft* çıkar birliği demektir ve gerçekten de bu birleşme Alman kimyasal üretim camiasının çıkarınaydı. Yeniden örgütlenip canlanmış ve artık dünyanın en büyük kimya karteli haline gelmiş olan IG Farben, kimya endüstrisinin tekelini ele geçirmek amacıyla, kayda değer bir miktara erişmiş olan kârını ve ekonomik gücünü araştırmaya yatırdı, üretimini yeni ürünlere yaygınlaştırdı.

İkinci Dünya Savaşı'nın başlamasıyla, zaten Nazi Partisi'nin önemli destekleyicilerinden biri olan IG Farben Adolf Hitler'in savaş makinesinin önemli bir parçası haline geldi. Alman ordusu Avrupa'da ilerledikçe, IG Farben Alman işgali altına giren ülkelerdeki kimya fabrikalarıyla üretim tesislerinin kontrolünü üstlendi. Polonya'daki Auschwitz toplama kampında sentetik petrol ve kauçuk üretmek üzere büyük bir fabrika kuruldu. Fabrikada kamp sakinleri çalıştırıldı ve ayrıca yeni ilaç deneylerinde kobay olarak kullanıldı.

Savaş sonrasında IG Farben'in yöneticilerinden dokuzu yargılandı ve işgal edilen ülkelerde yağmacılık ve mülkiyete tecavüzden suçlu bulundu. Dört yönetici köle işçi çalıştırmak ve savaş tutsaklarıyla sivillere insanlık dışı muamele yapmaktan mahkûm edildi. IG Farben'in büyümesine ve etkisine son verildi. Dev kimya grubunun parçalanmasının ardından BASF, Hoechst ve Bayer alanın en büyük oyuncuları olarak yeniden ortaya çıktı. Zenginleşmeye ve genişle-

meye devam eden bu üç şirket, plastiklerden tekstile, ilaçtan sentetik petrole kadar yaygınlaşmış faaliyet alanlarıyla bugün de sentetik kimya endüstrisinin önemli bir bölümünü elinde tutuyor.

Boya molekülleri tarihi değiştirdi. Binlerce yıl süreyle doğal kaynaklarından elde edilmeye çalışılan bu moleküller insanlığın ilk endüstrilerinden birini yarattı. Renge olan talep büyüdükçe, loncalar, fabrikalar, kentler ve ticaret de büyüdü. Ancak, sentetik boyaların ortaya çıkışı dünyayı dönüştürdü. Doğal boyaları elde etmekte kullanılan geleneksel yöntemler ortadan kayboldu. Onların yerine, Perkin'in leylak rengi molekülünü sentezlemesinin üzerinden daha bir yüzyıl bile geçmeden büyük kimya endüstrisi grupları, yalnızca boya pazarına değil hızla gelişen bir organik kimya endüstrisine de egemen oldu. Bu da günümüzde muazzam bir boyuta ulaşan antibiyotik, ağrı kesici ve diğer ilaçların üretimi için gereken finans sermayesini ve kimya bilgisini sağladı.

Perkin'in leylak rengi, bu olağanüstü dönüşümde rol oynayan sentetik boya bileşiklerinden yalnızca biriydi; ama birçok kimyacı onu organik kimyayı akademik bir ilgi alanı olmaktan çıkartıp büyük bir küresel endüstri haline getiren molekül olarak görüyor. Bir İngiliz gencinin tatili sırasında yaptığı bir boya, leylak renginden tekele uzanan süreciyle dünya olayları üzerinde güçlü bir etkide bulundu.

10

MUCİZE İLAÇLAR

WILLIAM PERKIN leylak rengi molekülünün sentezlenmesinin muazzam ticari boya sektörüne temel oluşturacağını bilseydi herhalde fazla şaşırmazdı. Leylak rengi boya üretiminin kâr getireceğinden öylesine emindi ki, rüyasını finanse etmesi için babasını ikna etmiş ve yaşamı boyunca da son derece başarılı olmuştu. Ama herhalde Perkin bile, bırakacağı mirasta boya endüstrisinden evrilen önemli bir gelişmenin, ilaç endüstrisinin de bulunacağını öngöremezdi. Sentetik organik kimyanın bu dalı boya üretimini çok gerilerde bırakacak, tıp mesleğini dönüştürecek ve milyonlarca hayat kurtaracaktı.

Perkin'in leylak rengi molekülünü sentezlediği 1856 yılında İngiltere'de ortalama ömür45 yıl kadardı. Bu rakam on dokuzuncu yüzyılın geri kalanında da fazla değişmedi. 1900'e gelindiğinde ABD'de ortalama ömür erkekler için 46, kadınlar için de 48 yıldı. Buna karşılık bir yüzyıl sonra bu rakamlar erkekler için 72'ye, kadınlar içinse 79'a fırlayacaktı.

Onca yüzyıl çok daha aşağı düzeylerde seyrettikten sonra ortalama ömürde izlenen bu dramatik artış için akıl almaz bir şeyin gerçekleşmiş olması gerekiyordu. Daha uzun ömürlere olanak veren en önemli etmenlerden biri, yirminci yüzyılda tıp kimyası moleküllerinin ve özellikle de antibiyotik diye tanınan mucize moleküllerin ortaya çıkışıydı. Geçtiğimiz yüzyılda abartısız binlerce farklı ilaç bileşikleri sentezlendi ve bunların yüzlercesi birçok insanın hayatını değiştirdi. Biz bu kitapta yalnızca iki tür ilacın kimyasını ve gelişi-

mini inceleyeceğiz: ağrı kesici molekül aspirin ve antibiyotiklerden de iki örnek. Aspirinin getirdiği kârlar, kimya şirketlerini ilaç üretiminde bir gelecek bulunduğuna ikna etmeye yardımcı oldu. İlk antibiyotikler olan sülfa ilaçlara ve penisilinlere de bugün hâlâ doktor reçetelerinde sıkça rastlanıyor.

Binlerce yıl boyunca yaraları iyileştirmek, hastalıkları tedavi etmek ve ağrıyı dindirmek için şifalı bitkiler kullanıldı. Her insan toplumu kendine özgü geleneksel tedavi yöntemleri geliştirdi ve bunlardan bazıları son derece yararlı bileşiklere kapı açtı ya da kimyasal yapısıyla oynanarak modern ilaçlar olarak üretildi. Güney Amerika'daki *Cinchona* ağacından elde edilen ve başta Peru yerlileri tarafından ateş düşürücü olarak kullanılan kinin bugün de sıtmaya karşı kullanılıyor. Günümüzde hâlâ kalp takviye aracı olarak kullanılan digitalis maddesini içeren yüksükotu, Batı Avrupa'da uzun süre kalp rahatsızlıklarını tedavi etmek için kullanılmıştı. Afyon bitkisinin tohum kapsülünden elde edilen sakızın ağrı dindirici özellikleri Avrupa'dan Asya'ya hemen her yerde iyi bilinmekteydi ve bu kaynaktan sağlanan morfin bugün de ağrıların dindirilmesinde önemli bir role sahip.

Gelgelelim, tarihte bakteriyel enfeksiyonlar için etkili tedavi yöntemleri yok denecek kadar azdı. Görece yakın zamanlara kadar küçük bir kesik ya da derinin hafifçe delinmesi bile, mikrop kaptığı takdirde yaşam için tehlike oluşturabiliyordu. Amerikan İç Savaşı sırasında yaralanan askerlerin yüzde ellisi bakteri enfeksiyonları nedeniyle ölmüştü. Joseph Lister'ın uygulamaya soktuğu antiseptik yöntemler ve fenol gibi moleküller sayesinde bu oran Birinci Dünya Savaşı sırasında daha düşüktü. Ancak, antiseptik kullanımı ameliyatlarda enfeksiyonun önlenmesine yardımcı oluyorsa da, bir kere bulaşınca enfeksiyonun durdurulmasında fazlaca bir etkisi olmuyordu. 1918-19 yıllarında dünya çapındaki büyük grip salgını, Birinci Dünya Savaşı'ndaki kayıpların çok ötesinde, 20 milyon insanı öldürmüştü. Gribin virüs kökenli olmasına karşın ölüm nedeni genellikle bakteriyel zatürre biçiminde ortaya çıkan ikincil bir enfeksiyon oluyordu. Tatanoz, verem, kolera, tifo, cüzam, belsoğukluğu ve bir alay başka hastalığa yakalanmak çoğu kez bir ölüm hükmü anlamına geliyordu. Her ne kadar yapay yolla bir hastalığa bağışık-

lık kazandırma fikri eski zamanlardan beri biliniyor ve başka ülkelerde uygulanıyorduysa da,* 1798 yılında Edward Jenner adlı bir İngiliz doktor bunu çiçek virüsü için uygulayıp başarı elde etti. On dokuzuncu yüzyılın son çeyreğinden itibaren, bakterilere karşı da bağışıklık sağlayacak benzer yöntemler araştırılmaya başladı ve giderek bazı bakteriyel hastalıklara karşı da aşılama mümkün hale geldi. 1940'lara gelindiğinde, aşılama programlarının uygulandığı ülkelerde korkulu çocuk hastalıkları kızıl ve difteri vakalarında büyük azalma sağlanmıştı.

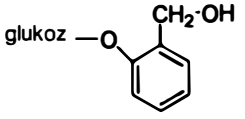
ASPİRİN

Yirminci yüzyılın başlarında Alman ve İsviçre kimya endüstrileri, boya malzemeleri imalatına yaptıkları yatırımdan servet kazanıyordu. Ancak bu başarı yalnızca parasal değildi. Boya satışlarından elde edilen kârla birlikte muazzam bir kimya bilgisi, büyük ölçekli tepkimeler konusunda deneyim ve kimyanın yeni iş alanı olan ilaç imalatına geçiş için yaşamsal önemde olan ayrıştırma ve saflaştırma teknikleri geldi. Anilin boyalarıyla ticaret hayatına atılan Alman şirketi Bayer ve Ortakları, artık dünyada tüm öteki ilaçlardan daha fazla kullanılmakta olan aspirin başta olmak üzere, ilaçların kimyasal üretiminin potansiyel ticari getirilerini ilk kavrayanlardan biri oldu.

1893 yılında, Bayer şirketinde çalışan kimyacılardan Felix Hofmann salisilik asitle ilintili bileşiklerin özelliklerini incelemeye karar verdi. Salisilik asit ilk kez 1827 yılında söğüt (*Salix*) cinsinden ağaçların kabuklarından sağlanan ağrı kesici bir molekül olan salisinden elde edilmişti. Söğüdün ve kavak gibi akraba türlerinin tedavi edici özellikleri yüzyıllardır bilinmekteydi. Eski Yunan'ın ünlü hekimi Hipokrat, söğüt kabuğundan elde ettiği maddelerle ateş düşürüyor ve ağrı dindiriyordu. Salisin molekülünün yapısında bir glu-

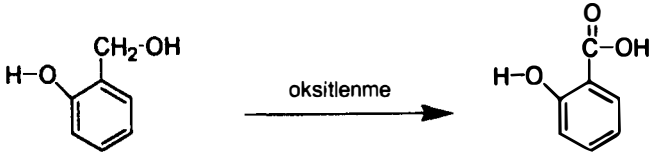
* 1717 yılında İstanbul'a tayin edilen İngiltere büyükelçisinin eşi Lady Montague, anılarında Anadolu'da bu alanda uzmanlaşmış bazı Türk köylü kadınlarının her yıl binlerce Müslüman ve Hıristiyan çocuğa son derece güvenilir sonuçlarla çiçek aşısı yaptıklarını, kendisinin de iki çocuğuna bu aşıyı yaptırdığını ve bu uygulamayı "paraya tamahkâr olmayan İngiliz doktorlara" tarif etmek istediğini yazar. *–ç.n.*

koz halkası bulunur, ama molekülün geri kalan kısmı şekerin etkisini bastırdığından acı bir tada sahiptir.



Salisin molekülü

İndigoyu üreten glukoz içerikli indikan molekülü gibi salisin de iki parçaya bölünür: glukoz ve oksitlenerek salisin aside dönüşebilen salisil alkol. Hem salisil alkol hem de salisilik asit, benzen halkasına doğrudan bağlı birer OH grubu içerdikleri için fenol olarak sınıflandırılır.

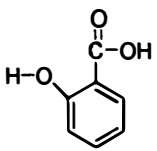


Salisil alkol *Salisilik asit*

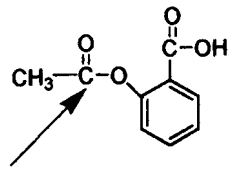
Bu moleküller ayrıca yapı olarak karanfil, hintcevizi ve zencefildeki izoöjenol, öjenol ve zingeronla benzerlik gösterir. Bu moleküller gibi salisin de söğüt ağacını korumak için doğal bir böcek öldürücü işlevi görüyor olabilir. Salisilik asit ayrıca Avrupa ile Batı Asya'da sulak alanlara özgü bir bitki olan su rezenesinden de (*Spiraea ulmaria*) üretilebilir.

Salisin molekülünün aktif bölümü olan salisilik asit sadece ateş düşürücü ve ağrı kesici özelliklere değil, bir tür bağışıklık sistemi tepkisi olan yangıları giderici (antienflamatuar) özelliğe de sahiptir. Doğada bulunan salisinden çok daha etkili olmasına karşılık, mide çeperi için çok tahriş edici olabilmesi tıbbi değerini azaltır. Hofmann'ın salisilik asitle hısım bileşiklere olan ilgisi, eklem romatizmasına salisinin pek fayda etmediği babasını rahatlatma isteğinden kaynaklanıyordu. Salisilik asidin yangı giderici özelliklerinin korunurken aşındırıcı etkilerinin azaltılabileceği umuduyla Hofmann babasına

salisilik asidin bir türevini verdi: ilk kez bir başka Alman kimyacının kırk yıl önce hazırladığı asetil salisilik asit. Bu asitte –ya da kısaltılmış adıyla ASA'da– asetil grubu (CH_3CO), salisilik asidin fenolik OH grubundaki H'nin yerini alır. Fenol molekülü aşındırıcıdır; belki de Hofmann aromatik halkaya bağlı OH'yi bir asetil grubuna dönüştürmenin, aşındırıcı özellikleri maskeleyeceğini düşünmüştü.



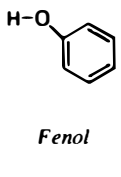
Salisilik asit



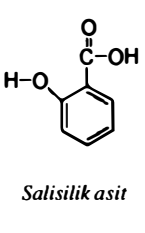
Asetil salisilik asit. Ok asetil grubunun fenol grubunda H'nin yerine geçtiği noktayı gösteriyor.

Hofmann'ın deneyi işe yaradı – hem babası hem de Bayer şirketi için. Salisilik asidin asetilleştirilmiş biçimi etkili ve vücutça tolere edilebilir çıkmıştı. Etkin yangı giderici ve ağrı dindirici etkileri, Bayer şirketini 1899 yılında küçük paketler halinde toz aspirin pazarlamaya yöneltti. İlacın adı *asetil* sözcüğündeki *a* ile, su rezenesi *Spiraea ulmaria*'dan alınan *spir* hecesinin birleştirilmesinden oluşmuştu. Bayer şirketinin adı da aspirinle özdeşleşerek Bayer'in tıp kimyası alanına girişinin başlangıcı oldu.

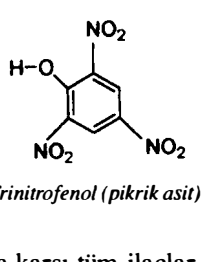
Aspirinin popülerliği arttıkça, salisilik asidin üretildiği doğal kaynaklar olan söğüt ağacı ve su rezenesi dünya talebini karşılamakta yetersiz kaldı. Fenol molekülünün başlangıç malzemesi olarak kullanıldığı yeni bir sentetik yöntem geliştirildi. Aspirin satışları patladı. Birinci Dünya Savaşı sırasında orijinal Bayer şirketinin ABD'deki kolu, aspirin imalatı için yeterli malzemeyi garanti altına almak için yerli ve uluslararası kaynaklardan ne kadar fenol varsa topladı. Dolayısıyla Bayer'e fenol satan ülkelerin, aynı başlangıç malzemesinden yapılan bir patlayıcı olan pikrik asit (trinitrofenol) üretim kapasiteleri düştü. Bunun Birinci Dünya Savaşı'nın seyrine etkisi ancak spekülasyon konusu olabilir; ama aspirin üretiminin savaş mühimmatı için pikrik aside olan bağımlılığı azaltıp TNT temelli patlayıcıların gelişimini hızlandırmış olması mümkündür.



Fenol



Salisilik asit



Trinitrofenol (pikrik asit)

Günümüzde aspirin hastalık ve yaralanmalara karşı tüm ilaçlar arasında kullanımı en yaygın olanı. Aspirin içeren ilaç ve preparatların sayısı dört yüzün hayli üzerinde ve yalnızca ABD'deki yıllık aspirin üretiminin miktarı yaklaşık 20 milyon kilo. Ağrı kesici, ateş düşürücü ve yangı giderici özelliklerinin yanı sıra aspirinin bir de kanı sulandırma özelliği bulunuyor. İnmelere ve (sıkışık koltuk sıraları nedeniyle yolcuların uzun uçak yolculukları sırasında bacaklarını hareket ettirememelerinden kaynaklandığı için halk dilinde "ekonomi sınıfı sendromu" adını kazanmış) "derin damar trombozuna" karşı önlem olarak küçük dozlarda aspirin önerilir.

SÜLFA DESTANI

Hofmann'ın babası üzerinde yaptığı deneyle (ki önerilen bir ilaç deneyi süreci değildir) aynı sıralarda Alman doktor Paul Ehrlich de kendi deneyleriyle meşguldü. Ehrlich günde yirmi beş puro içtiği ve birahanelerde saatlerce felsefi tartışmalara daldığı söylenen, kelimenin tam anlamıyla egzantrik bir şahsiyetti. Ancak, egzantrikliğin yanı sıra sahip olduğu kararlılık ve içgörü kendisine 1908 yılında Nobel Tıp Ödülü'nü getirdi. Deneysel kimya ya da uygulamalı bakteriyoloji alanlarında formel bir eğitimi olmamasına karşın Ehrlich, farklı kömür katranı temelli boyaların bazı dokuları ve mikroorganizmaları boyarken başkalarına işlemediğini fark etti. Bir mikroorganizma bir boya maddesini soğururken bir diğeri bunu yapmıyorsa, bu farklılığın toksik bir boyanın onu soğuran dokuyu öldürüp soğurmayan dokuya zarar vermemesinden kaynaklanabileceğini düşündü. Eğer uygulama da düşünceyi doğrularsa, böylece bedene zarar vermeden hastalık yapıcı mikroorganizma yok edilebilecekti.

Ehrlich bu teoriyi "sihirli kurşun" diye adlandırdı. Sihirli kurşun, boyadığı dokuyu hedef alan molekül oluyordu.

Ehrlich'in ilk başarısı, tripan kırmızı 1 diye satılan ve laboratuvar fareleri üzerinde tekhücreli protozoa alt âleminden tripanozom adlı bir parazite karşı umduğu etkiyi tam olarak gösteren bir boyayla oldu. Ne yazık ki boya Ehrlich'in tedavi etmeyi umduğu Afrika uyku hastalığı denen insan hastalığına yol açan triponozom türüne karşı etkisizdi.

Sonuçtan cesareti kırılmayan Ehrlich deneylerine devam etti. Yönteminin işe yarayabileceğini kanıtlamıştı ve işin yalnızca doğru hastalığa karşı uygun sihirli kurşunu bulmaya kaldığını biliyordu. Spiroçet denen tirbuşon biçimli bakterinin yol açtığı (zührevi) bir hastalık olan frengiyi araştırmaya başladı. Frenginin Avrupa'ya nasıl geldiği hakkında çeşitli teoriler vardır. En yaygın kabul göreni, Yeni Dünya'dan dönüşlerinde Kristof Kolomb'un gemicileri tarafından getirildiği yolundadır. Buna karşılık, Kolomb'un zamanından önce Avrupa'da bazı kayıtlarda sözü edilen bir tür "cüzam"ın hayli bulaşıcı olduğu ve cinsel temas yoluyla geçtiği biliniyor. Frengi gibi o da bazen cıvayla tedaviye cevap veriyordu. Bu gözlemlerden hiçbiri cüzam hakkında bildiklerimizle uyuşmadığından, sözü edilen hastalığın aslında frengi olması pekâlâ mümkündür.

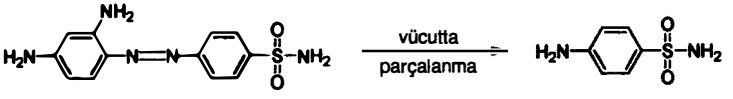
Ehrlich bu bakteriye karşı bir sihirli kurşun aramaya başladığında, frengi dört yüz yıldan uzun zamandır cıvayla tedavi edilmeye çalışılıyordu. Oysa çoğu kez kullanıldığı hastaları öldürdüğünden cıvanın frengi için bir sihirli kurşun olduğu pek söylenemezdi. Bir fırında ısıtılan cıvanın buharını soluyan kurbanların çoğu bu süreçte kalp krizi, su kaybı ve boğulma nedeniyle ölüyordu. Sağ çıkabilenlerse saçlarını ve dişlerini kaybediyor, salyaları akıyor ve kansızlık, depresyon, karaciğer ve böbrek yetmezlikleri gibi tipik cıva zehirlenmesi semptomlarıyla karşı karşıya kalıyorlardı.

1909 yılında, 605 farklı kimyasalı denedikten sonra Ehrlich sonunda hem yeterince etkili hem de yeterince güvenli bir bileşik buldu. Arsenik içeren bir aromatik bileşik olan "No. 606", frengi spiroçetine karşı etkili çıkmıştı. Ehrlich'in birlikte çalıştığı Hoechst Boya Endüstrisi bu bileşiği salvarsan adıyla piyasaya sürdü. Cıva tedavisinin işkencesiyle kıyaslandığında yeni tedavi aracı büyük bir ilerle-

meydi. Bazı toksik yan etkilerine ve bazı frengi hastalarını da birkaç uygulama sonrasında bile tedavi edememesine karşın, salvarsan kullanıldığı her yerde hastalık vakalarını çok büyük ölçüde azalttı. İlaç Hoechst için çok kârlı oldu ve şirketin üretimini başka ilaçlara da yayması için sermaye oluşturdu.

Salvarsanın başarısının ardından kimyacılar başka sihirli kurşunlar aramaya başladılar; on binlerce bileşiğin mikroorganizmalar üzerindeki etkilerini denediler, ardından bunların yapılarında küçük değişiklikler gerçekleştirip denemeye devam ettiler. Ama hiçbir deney başarı sağlamadı. Ehrlich'in "kemoterapi" diye adlandırdığı yöntem beklentileri boşa çıkaracak gibiydi. Ama 1930'lu yılların başlarında IG Farben'in araştırma grubunda çalışan Gerhard Dogmak adlı bir doktor, prontosil kırmızı adlı bir boyayı, iğne batmasından kaptığı bir streptokok enfeksiyonu nedeniyle ağır hasta olan kızının tedavisi için denemeye karar verdi. Prontosil kırmızı ile IG Farben laboratuvarında deneyler yapıyordu ve boya laboratuvar kültürlerinde yetiştirilen bakterilere karşı etki göstermezken, streptokok bakterilerinin laboratuvar farelerinde gelişmesini baskılıyordu. Herhalde kaybedecek bir şeyi olmadığını düşünmüş olacak ki, Dogmak üzerinde hâlâ deneyler yapılmakta olan boyadan bir dozu kızına ağız yoluyla uyguladı. Kız hızla ve tam olarak iyileşti.

İlk başta prontosil kırmızının antibakteriyel özelliklerinden boyanın etkisinin, yani hücreleri boyamasının sorumlu olduğu varsayılmıştı. Ancak, çok geçmeden araştırmacılar antibakteriyel etkinin boyanın yaptığı işle hiçbir ilgisi olmadığını anladılar. İnsan vücudunda prontosil kırmızı molekülü parçalanarak sülfanilamit üretiyor ve antibiyotik etkiyi de bu sülfanilamit sağlıyordu.

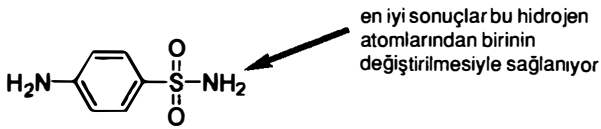


Prontosil kırmızı *Sülfanilamit*

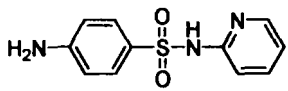
Prontosil kırmızının test tüpleri içinde (in vitro) etkisiz kalıp canlı hayvanlardaysa (in vivo) etki göstermesinin nedeni de kuşkusuz buydu. Sülfanilamitin streptokok enfeksiyonlarının yanı sıra, zatürre, kızıl ve belsoğukluğu dahil başka birçok hastalığa karşı da etkili

olduğu görüldü. Sülfanilamitin antibakteriyel etkisini gözledikten sonra kimyacılar, moleküler yapıda küçük değişikliklerin ilacın etkinliğini artırıp yan etkileri azaltacağı umuduyla hızla benzer bileşikler sentezlemeye başladılar. Aktif molekülün prontosil kırmızı olmadığı bilgisi çok önemliydi. Yapılardan görülebileceği gibi prontosil kırmızı, sülfanilamide kıyasla daha karmaşık bir moleküldür ve sentezlenmesi ya da üzerinde değişiklik yapılması daha zordur.

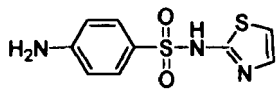
1935-46 yılları arasında sülfanilamit molekülünün beş binin üzerinde farklı biçimi oluşturuldu. İçlerinden bazıları, kızarıklık ve ateş biçiminde ortaya çıkan bağışıklık tepkileriyle, böbrek hasarı gibi yan etkileri olabilen sülfanilamide daha üstün çıktı. Sülfanilamidin yapısında yapılan değişikliklerde en iyi sonuçlar SO_2NH_2'deki hidrojenin yerine başka bir grubun konmasıyla elde ediliyordu.



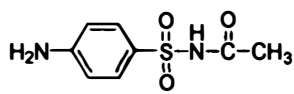
Sonuçta ortaya çıkan moleküllerin tümü, topluca *sülfanilamitler* ya da *sülfa ilaçlar* diye tanınan antibiyotik ilaç ailesinin üyesidir. Pek çok örnekten birkaçı şunlardır:



Sülfapiridin – zatürreye karşı



Sülfatiazol – mide bağırsak enfeksiyonlarına karşı



Sülfasetamit – idrar yolu enfeksiyonlarına karşı

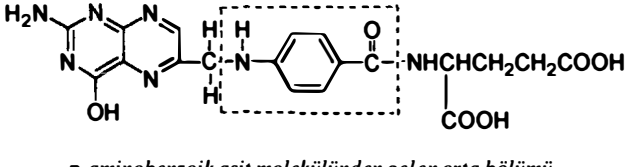
Çok geçmeden sülfa ilaçlardan mucizevi tedavi araçları olarak söz edilmeye başladı. Bakterilere karşı birçok etkili tedavi aracının bulunduğu şimdilerde bu tür betimlemeler biraz abartılı gelse de, yirminci yüzyılın ilk otuz-kırk yılında bu bileşiklerden sağlanan sonuçlar olağanüstü görünüyordu. Örneğin, sülfanilamitlerin ortaya çıkmasından sonra yalnızca ABD'de bir yılda zatürreden ölenlerin sayısında yirmi beş bin azalma gözlendi.

1914-18 yılları arasındaki Birinci Dünya Savaşı'nda enfeksiyon kapmış yaralardan ölme olasılığı, Avrupa'nın savaş alanlarında vurulup ölme olasılığından az değildi. Siperlerde ve herhangi bir askeri hastanede en önemli sorun gazlı kangren denen bir kangren türüydü. Botulizm denen ölümcül gıda zehirlenmesinden sorumlu *Clostridium* cinsinden bakterilerin çok etkin bir türünün neden olduğu gazlı kangren, bombalar ya da top mermilerinin yol açtığı, dokunun delindiği ya da ezildiği derin yaralarda gelişiyordu. Oksijen yokluğunda bu bakteriler hızla çoğalır. Yaradan kahverengi, pis kokulu bir cerahat çıkar ve bakteri toksinlerinden çıkan gazlar baloncuklar halinde deri yüzeyine yükselip özel bir koku salar.

Antibiyotiklerden önce gazlı kangren için tek bir müdahale yöntemi vardı: kangrenli dokunun tümünü çıkartmak umuduyla enfekte kol ya da bacağın, enfeksiyon mahallinin üstünden kesilmesi. Kesmenin mümkün olmadığı durumlarda ölüm kaçınılmazdı. İkinci Dünya Savaşı'nda, her ikisi de kangrene karşı etkili olan sülfapiridin ve sülfatiazol sayesinde binlerce yaralı ölümden kurtulmuş ve beden görünümünü bozan amputasyonlara (kesme operasyonları) gerek kalmaksızın tedavi edilebilmişti.

Şimdi biliyoruz ki, bu bileşiklerin bakteri enfeksiyonlarına karşı etkinliği, bakterilerin gerekli bir besin maddesi olan folik asidi üretebilmelerini önleyen sülfanilamit molekülünün büyüklüğü ve biçimiyle ilgilidir. B vitaminlerinden biri olan folik asit insan hücre gelişimi için gereklidir. Yapraklı bitkiler (folik asidin adı, ağaçların yaprak örtüsü demek olan *foliage* sözcüğünden gelir), karaciğer, karnabahar, maya, buğday ve sığır eti gibi çok yaygın çeşitlilikte yiyeceklerde bulunur. Vücutlarımız folik asit üretmediğinden, bu bileşiği yediklerimizle vücudumuza almamız gerekir. Bazı bakteriler ise kendi kendilerine üretebildikleri için dışarıdan folik asit almaya

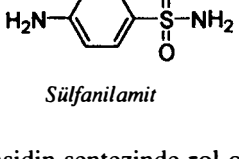
gerek duymazlar. Folik asit molekülü oldukça büyük ve karmaşıktır:



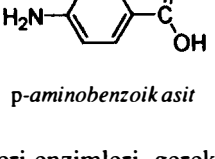
p-*aminobenzoik asit molekülünden gelen orta bölümü çerçevelenmiş folik asit*

Yukarıda gösterilen yapının çerçeve içindeki bölümüne bakalım. Folik asit molekülünün bu orta bölümü (kendi folik asitlerini yapan bakterilerde) daha küçük bir molekül olan *p*-aminobenzoik asit molekülünden elde edilir. Dolayısıyla, *p*-aminobenzoik asit bu mikroorganizmalar için temel bir besin maddesidir.

Sülfanilamitle *p*-aminobenzoik asidin yapıları boyut ve biçim açısından büyük benzerlik gösterir ve sülfanilamidin mikroplara karşı etkinliği bu benzerlikten kaynaklanır. Bu moleküllerin her birinin NH_2 grubundan, ikili bağlanmış oksijen atomuna kadar olan (köşeli parantezlerle gösterilen) uzunlukları arasındaki fark ancak yüzde üç kadardır.



Sülfanilamit



p-*aminobenzoik asit*

Folik asidin sentezinde rol oynayan bakteri enzimleri, gereksinim duydukları *p*-aminobenzoik asit molekülleriyle sülfanilamit molekülleri arasındaki farkı ayırt edemiyormuş gibi görünüyorlar. Dolayısıyla bakteriler *p*-aminobenzoik asit yerine, yanılıp sülfanilamit kullanıyor ve yeterince folik asit üretemediklerinden sonunda ölüyorlar. Bizlerse gıdalarımızla yeterli folik asidi vücudumuza aldığımızdan, sülfanilamitten olumsuz etkilenmiyoruz.

Teknik anlamda, sülfanilamit temelli sülfa ilaçları gerçek birer antibiyotik değildir. Antibiyotiklerin doğru tanımı, "mikroplardan elde edilen ve çok küçük miktarlarda kullanıldığında mikroplara karşı etkinlik gösteren maddeler" şeklindedir. Yine de günümüzde doğal ya da yapay, bakterileri öldüren tüm maddeler için *antibiyotik* terimi kullanılıyor.

Sülfa ilaçlar ilk sentetik antibiyotikler değildi (bu onur Ehrlich'in frengiyle savaşan molekülü salvarsana aittir), ama bakteriyel enfeksiyonlara karşı yaygın olarak kullanılan ilk bileşik grubunu oluşturdular. Yüz binlerce yaralı asker ve zatürre hastasının hayatını kurtarmakla kalmadılar, aynı zamanda doğum sonrası anne ölümlerinde çok büyük bir azalma sağladılar; çünkü lohusa ateşi denen hastalığa yol açan streptokok bakterisi de sülfa ilaçlara boyun eğiyordu. Bununla birlikte son yıllarda sülfa ilaçların kullanımı, uzun dönemde ortaya çıkabilecek yan etkileri ve yeni ve daha etkili antibiyotiklerin geliştirilmesi gibi nedenlerle dünya genelinde düşüş gösterdi.

PENİSİLİNLER

Penisilin ailesinden olan ilk gerçek antibiyotikler günümüzde de yaygın olarak kullanılmakta. Bir mikroorganizmanın bir başkasını öldürmek için kullanılabileceğini ilk kez 1877 yılında Louis Pasteur ortaya koydu. Pasteur, yaygın olarak bulunan bazı bakterilerin eklenmesiyle idrar içinde bir şarbon (antraks) türünün gelişiminin önlenebildiğini gösterdi. Ardından, tıp dünyasını fenolün antiseptik değeri hususunda ikna etmiş olan Joseph Lister küflerin özelliklerini incelemeye başladı ve dediğine göre de, hastalarından birindeki inatçı apseyi *Penicillium* küfünün özüne batırılmış bir kompresle iyileştirdi.

Bu olumlu sonuçlara karşılık küflerin tedavi edici özellikleri üzerindeki araştırmalar seyrek ve dağınık biçimde sürdü; ta ki 1928 yılında Londra Üniversitesi'nin St. Mary's Hastanesi Tıp Fakültesi'nde çalışan Alexander Fleming adlı bir doktor, *Penicillium* ailesinden bir küfün, incelemekte olduğu stafilokok bakteri kültürlerine bulaşmış olduğunu fark edinceye kadar. Fleming küf kolonisinin (tıp dilinde lizis denen bir süreçle) şeffaflaşarak dağıldığını gözlem-

ledi. Kendisinden önceki araştırmacıların tersine, Fleming bunu yeni deneylerle araştırmaya değecek kadar ilginç buldu. Stafilokok bakterileri üzerindeki antibiyotik etkiyi küfün ürettiği bir bileşiğin yaptığını varsaydı ve deneyleri varsayımını doğruladı. Artık *Penicillium notatum* diye tanıdığımız organizmanın kültürlerinden süzülen sıvı, laboratuvar deneylerinde cam tabaklarda yetiştirilen stafilokoklara karşı dikkat çekici bir etki gösterdi. Küfün özsuyu sekiz yüz kat sulandırıldığında bile bakteri hücrelerine karşı etkinliğini koruyordu. Dahası, artık Fleming'in penisilin adını vermiş olduğu bileşiğin aşılandığı farelerde hiçbir yan etki görülmüyordu. Fenolün tersine penisilin tahriş edici değildi ve mikrobun bulaştığı dokulara doğrudan uygulanabiliyordu. Ayrıca, fenolden daha güçlü bir bakteri baskılayıcı gibi görünüyordu. Menenjite ve belsoğukluğuna neden olan bakteriler ve boğaz iltihabı gibi streptokok enfeksiyonlarına yol açanlar da dahil birçok bakteri türüne karşı etkiliydi.

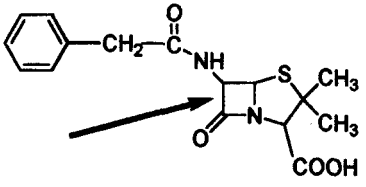
Fleming'in vardığı sonuçları bilimsel bir tıp dergisinde yayımlamasına karşın, makalesi fazlaca ilgi uyandırmadı. Hazırladığı penisilin sıvısı çok seyreltikti ve etken maddeyi yalıtma çabaları başarısız olmuştu. Şimdi biliyoruz ki, laboratuvarlarda kullanılan sıradan birçok kimyasal, çözücü ve sıcaklık penisilini kolaysızca etkisizleştirebiliyor.

Penisilin üzerinde klinik deneylerin başlaması için on yıldan uzun bir süre beklendi ve bu arada sülfanilamitler bakteri enfeksiyonlarına karşı başlıca silah haline geldi. 1939 yılında sülfa ilaçların başarısı, Oxford Üniversitesi'nde kimyacılar, mikrobiyologlar ve hekimlerden oluşan bir grubu penisilin üretip yalıtmak için bir yöntem üzerinde çalışmaya yöneltti. Rafine edilmemiş penisilinle ilk klinik deney 1941'de yapıldı. Ne yazık ki sonuç, o eski bilindik "Tedavi başarılıydı, ama hasta öldü" esprisini anımsatıyordu. Hem ağır stafilokok hem de streptokok enfeksiyonlarına yakalanmış bir polis memuru olan hastaya damar içi penisilin uygulandı. Yirmi dört saat sonra hastanın durumunda bir iyileşme gözlendi. Beş gün sonra ateş düşmüş ve enfeksiyon gerilemeye başlamıştı. Gelgelelim, tedavinin bu noktasında eldeki tüm penisilin –bir çay kaşığı kadar– tüketilmişti. Hastanın enfeksiyonuysa daha canlılığını koruyordu ve hızla yayıldı; hasta da kısa süre içinde yaşamını yitirdi. Ardından ikinci

bir hasta daha kaybedildi. Üçüncü denemedeyse, 15 yaşındaki bir çocuktaki streptokok enfeksiyonunu tamamen yok edecek kadar penisilin üretilmişti. Bu başarının ardından, penisilin bir başka çocuktaki stafilokok kan zehirlenmesini de iyileştirince, Oxford grubu üyeleri etkili bir silaha kavuşmuş olduklarını anladılar. Penisilin, bir dizi bakteriye karşı etkisini kanıtladı ve sülfanilamitlerde ortaya çıkan böbreklerde zehir birikmesi gibi ağır yan etkiler göstermedi. Daha sonraki araştırmalar, bazı penisilinlerin bire elli milyon oranında sulandırılmış derişimlerde bile streptokokların gelişimini baskıladıklarını ortaya koydu.

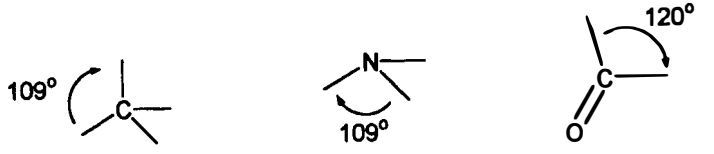
O tarihte penisilinin yapısı henüz bilinmiyordu ve dolayısıyla sentetik olarak üretilmesi mümkün değildi. Penisilinin hâlâ küflerden çıkartılması gerekiyordu ve büyük miktarlarda üretilmesi kimyacılardan çok mikrobiyolog ve bakteriyologlara düşen zorlu bir uğraştı. Illinois Eyaleti'ndeki Peoria kasabasında bulunan ABD Tarım Bakanlığı Laboratuvarı, mikroorganizma üretimi alanında uzmanlaşmış ve çok geniş kapsamlı bir araştırma programının merkezi haline gelmişti. 1943 yılına gelindiğinde Amerikan ilaç firmaları yeni antibiyotikten 800 milyon ünite üretiyorlardı. Bir yıl sonraysa aylık üretim 130 milyar üniteyi aşmıştı.

İkinci Dünya Savaşı sırasında ABD ve İngiltere'deki 39 laboratuvarda bin kişilik bir kimyacı ordusunun, penisilinin yapısını belirlemek ve maddeyi sentetik olarak üretmenin bir yöntemini bulmakla ilgili sorunlar üzerinde çalıştığı tahmin ediliyor. Yapının nihayet 1946 yılında oluşturulmasına karşın, başarıyla sentezlenmesi 1957'yi buldu.



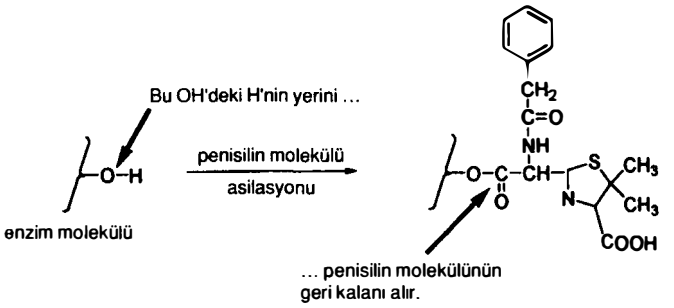
Penisilin molekülünün yapısı.
Ok, dört üyeli ß-laktam halkasını gösteriyor.

Penisilin incelediğimiz diğer moleküller kadar büyük ve karmaşık olmayabilir; ama ß-laktam halkası denen dört üyeli bir halka içerdiği için kimyacıların gözünde son derece sıradışı bir moleküldür. Dört üyeli halka içeren moleküller doğada bulunmakla birlikte pek yaygın değildir. Her ne kadar kimyacılar böyle bileşikleri yapabiliyorlarsa da, bu hayli zorlu bir çaba gerektirir. Nedeni, kare biçiminde olan dört üyeli halkada açıların 90 derece olmasına karşılık, normalde tekli bağlara sahip oksijen ve nitrojen atomlarında tercih edilen bağlanma açılarının yaklaşık 109 derece olmasıdır. İkili bağlanan bir karbon atomu için tercih edilen bağlanma açısıysa yaklaşık 120 derecedir.



Tekli bağlanan karbon ve nitrojen atomları üç boyutlu bir yer işgal ederken, oksijen atomuna ikili bağ yapmış bir karbon aynı düzlemde bulunur.

Organik bileşiklerde dört üyeli bir halka düz değil biraz bükülmüş olsa da, bu bile kimyacıların *halka gerilimi* dedikleri şeyi azaltamaz. Halka gerilimi, genelde atomların tercih ettikleri bağlanma açılarından çok farklı açılarda bağlanmaya zorlanmalarından kaynaklanan kararsızlıktır. Ne var ki penisilin moleküllerine antibiyotik etkinliği sağlayan da bu kararsızlıktan başkası değildir. Bakterilerin hücre duvarları vardır ve hücre duvarı oluşması için gerekli bir enzim salgılarlar. Bu enzimin varlığında penisilin molekülünün ß-laktam halkası açılır ve halka gerilimi sonlanır. Bu süreçte bakteri enzimindeki bir OH grubu (salisilik asidi aspirine dönüştürenle aynı tür bir tepkime ile) *asillenir*. Bu asilasyon tepkimesinde penisilin, halkası açılmış molekülü bakteri enzimine yapıştırır. Beş üyeli halka biçimini korurken, dört üyeli halkanın açılmış olduğuna dikkat edin. Bu asilasyon, hücre duvarını yapan enzimi etkisiz hale getirir. Hücre duvarları yapamayan bir bakterinin ise organizma içindeki gelişimi baskılanmış olur. Hayvan hücrelerinde hücre duvarı yerine

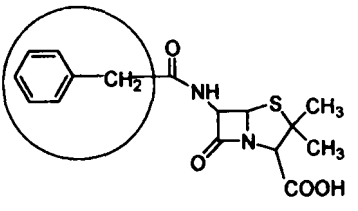


Bu asilasyon tepkimesinde penisilin molekülü bakteri enzimine yapışır.

hücre zarı vardır ve dolayısıyla bu bakterilerdeki duvar yapıcı enzim bulunmaz. Böylece penisilin molekülünün harekete geçirdiği asilasyon tepkimesinden biz etkilenmeyiz.

Penisilinin dört üyeli ß-laktam halkasının kararsızlığı ayrıca, sülfa ilaçlar için zorunlu olmayan düşük sıcaklıklarda depolanmayı gerektirir. Halka bir kez açıldı mı –ki bu, ısının hızlandırdığı bir süreçtir– molekül etkili bir antibiyotik olmaktan çıkar. İşin ilginç yanı, bakterilerin halka açmanın sırrını keşfetmiş görünmeleri. Penisiline dirençli bakteri tipleri, hücre duvarı yapan enzimi etkisizleştirmeye fırsat bulamadan penisilinin ß-laktam halkasını açan bir başka enzim geliştirmiş bulunuyorlar.

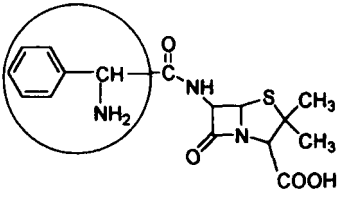
Aşağıda gösterilen penisilin molekülü yapısı, ilk kez 1940 yılında küften üretilen ve bugün hâlâ kullanılmakta olan penisilin G'ye aittir. Küflerden daha birçok farklı tür penisilin molekülü yalıtılmış



Penisilin G. Değişken bölüm daire içinde gösterilmiştir.

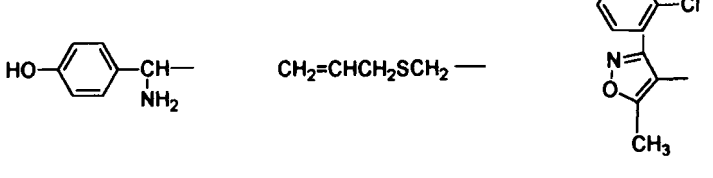
ve bazı moleküller, bu antibiyotiğin doğada bulunan türlerinden sentetik olarak üretilmiştir. Farklı penisilinlerin yapıları ancak daire içindeki bölümde değişiklik gösterir.

Penisilin G'ye dirençli bakterilere karşı etki gösteren sentetik bir penisilin olan ampisilin de çok benzer bir yapıdadır, yalnızca fazladan bir NH_2 grubu içerir.



Ampisilin

Günümüzde ABD'de reçetelere en çok yazılan ilaçlardan olan amoksisilin, ampisiline çok benzer ve yalnızca ek bir OH grubu içerir. Yan grup, penisilin O'da olduğu gibi çok basit ya da kloksasilindeki gibi daha karmaşık olabilir.



Molekülün daire içinde gösterilen yan grubunun amoksilin (solda), penisilin O (ortada) ve kloksasilin (sağda) için yapıları.

Bunlar günümüzde hâlâ kullanılmakta olan on kadar farklı penisilinden yalnızca dördü. (Pek çok başka tür olmasına karşın çoğu artık klinik olarak kullanılmıyor.) Molekülün aynı (daire içindeki) bölgesindeki yapısal değişiklikler çok farklı olabilir; ama dört üyeli ß-laktam halkası hepsinde vardır. Eğer şimdiye kadar başınıza penisilin antibiyotiği gerektirecek bir şey gelmişse, hayatınızı kurtarmış olabilecek madde moleküler yapının bu parçasıdır.

Her ne kadar geçmiş yüzyıllardaki ölüm oranları hakkında güvenilir istatistiklere ulaşmak mümkün olmasa da, nüfusbilimciler bazı toplumlardaki ortalama ömür konusunda tahmin yürütmüşlerdir. MÖ 3500'den MS 1750'ye kadar olan beş bin küsur yıllık süre boyunca Avrupa'daki topluluklarda ortalama ömür otuz ile kırk yıl arasında değişmekteydi. Antik Yunanistan'ın klasik dönemi olan MÖ 680 yılları civarında yaşam beklentisi kırk bir yıla kadar çıkmıştı. MS 1400 yılının Türkiyesindeyse yalnızca otuz bir yıldı. Bu sayılar günümüzün azgelişmiş ülkelerindeki istatistiklerle benzerlik gösteriyor. Bu yüksek ölüm oranlarının üç temel nedeni olan yetersiz gıda kaynakları, temizlik sorunları ve salgın hastalıklar birbirleriyle bağlantılıdır. Yetersiz beslenme enfeksiyona maruz kalma riskini artırır; temizlik sorunları da hastalığa yol açan koşulları oluşturur.

Dünyanın etkin bir tarıma ve iyi bir ulaştırma sistemine sahip yerlerinde gıda stoğu artmış durumda. Aynı zamanda büyük ölçüde iyileştirilmiş kişisel hijyen ve halk sağlığı önlemleri –temiz su şebekeleri, katı atık arıtma sistemleri, çöp toplama ve fare, haşere gibi zararlıların kontrolü, toplu aşılama ve bağışıklık kazandırma programları– salgınları azalttı ve hastalığa direnç gösterebilen daha sağlıklı toplumlar yarattı. Bu iyileştirmeler nedeniyle gelişmiş ülkelerde ölüm oranları 1860'lardan beri sürekli düşüyor. Ancak, kuşaklar boyunca hadsiz hesapsız acı ve ölüm getirmiş olan bakterilere nihai taarruz antibiyotiklerle gerçekleşti.

1930'lardan başlayarak bu moleküller bulaşıcı hastalıklardan kaynaklanan ölüm oranlarına gözle görülür bir etkide bulundu. Kızamık virüsünün komplikasyonlarından olan ve yaygın olarak görülen zatürreyi tedavi için sülfa ilaçların kullanılmaya başlamasından sonra kızamıktan ölüm vakalarında büyük ölçüde azalma oldu. 1900 yılında ABD'de başlıca ölüm nedenleri arasında bulunan zatürre, verem, gastrit ve difteri bugün listelere giremiyor. Hıyarcıklı veba, kolera tifüs ve şarbon gibi bakteriyel hastalıklar tek tük ortaya çıktığında, antibiyotikler bunların salgına dönüşmesini önledi. Günümüzün biyoterörizm olayları, halkın korkularını büyük bir bakteriyel salgın olasılığı üzerinde topluyor. Ne var ki elimizde bulunan

antibiyotik koleksiyonu normal olarak böyle bir saldırıyla başa çıkabilecek güçte.

Artan ve hatta aşırı boyutlara varan antibiyotik kullanımımıza uyum sağlayan bakterilerin kendilerince yürütülen diğer bir tür biyoterörizm tehdidi ise daha endişe verici. Sıradan ama potansiyel olarak ölümcül bazı bakterilerin antibiyotiğe direnç kazanmış türleri giderek yayılıyor. Yine de biyokimyacılar bakterilerin –ve insanların– metabolik aktiviteleri ve eski antibiyotiklerin nasıl çalıştığı konusundaki bilgilerini genişlettikçe, özel bakteriyel tepkileri hedef alan yeni antibiyotikler sentezleyebileceklerdir. Hastalık yapıcı bakterilerle giriştiğimiz bitmeyen mücadelede üstünlüğü kaybetmemek için kimyasal yapılar ve bunların canlı hücrelerle nasıl etkileştiği hakkında bilgi sahibi olmak elzemdir.

11

DOĞUM KONTROL HAPI

YİRMİNCİ YÜZYILIN ORTALARINDA antibiyotik ve antiseptikler artık yaygın olarak kullanılıyordu ve ölüm oranlarını özellikle kadınlar ve çocuklar arasında kayda değer ölçüde düşürmüşlerdi. Ailelerin, birkaçı yetişkinliğe erişebilsin diye bir alay çocuk yapmasına gerek kalmamıştı. Çocukları salgın hastalıklara kurban verme korkusu azalınca, gebeliği önleyerek aile çapını küçültmenin yollarına yönelik bir talep oluştu. Böylece 1960 yılında, çağdaş toplumun biçimlendirilmesinde önemli rol oynayan bir gebelik önleyici molekül sahneye çıktı.

Sözünü ettiğimiz, tabii ki ağızdan alınan (oral) ilk gebelik önleyici olan *noretindron*. Molekül 1960'ların cinsellik devrimi, kadın kurtuluş hareketleri, feminizmin ortaya çıkışı, işyerlerinde artan kadın oranı ve hatta ailenin parçalanmasıyla ilişkilendirildi. Yararları ya da sakıncaları konusundaki farklı görüşlere karşın bu molekül, hapın ilk piyasaya çıkışından bu yana geçen onlarca yıl içinde toplumda meydana gelen muazzam değişimlerde önemli bir rol oynamış bulunuyor.

Geçtiğimiz yüzyılın başlarında doğum kontrolüyle ilgili bilgilere ve malzemeye yasal erişim hakkı için ABD'de Margaret Sanger ve İngiltere'de Marie Stopes gibi tanınmış reformcular tarafından yürütülmüş olan mücadele şimdi bize uzak geliyor. Günümüzün gençleri, yirminci yüzyılın ilk yirmi-otuz yılı süresince birçok ülke-

de gebelik önleme yöntemleri konusunda bilgi vermenin bile suç olduğunu duyduklarında hayretler içinde kalıyorlar. Ancak, bu yasaklara karşın gereksinim açıktı. Kentlerin yoksul mahallelerinde yüksek çocuk ve anne ölüm oranları genellikle kalabalık ailelerde görülüyordu. Orta sınıftan aileler o zamanlar bilinen gebelik önleyici yöntemleri kullanmaya başlamışlardı bile. İşçi sınıfından kadınlar da aynı bilgi ve yöntemlere erişebilmek için can atıyorlardı. Kalabalık ailelerdeki anneler tarafından doğum kontrolü savunucularına yazılmış mektuplar, bir kez daha karşı karşıya kaldıkları istenmeyen gebelik nedeniyle içine düştükleri çaresizliği ayrıntılarıyla dile getiriyor. 1930'lara gelindiğinde, çoğu kez daha kabul edilebilir görünen *aile planlaması* terimiyle yumuşatılmış doğum kontrol yöntemleri, halk içinde giderek daha fazla kabul görüyor, doğum kontrol araçlarının tanıtımı sağlık ocaklarında tıp personeli tarafından yapılıyor ve yasalar en azından bazı yerlerde değiştiriliyordu. Kısıtlayıcı hükümler kanun kitaplarında yer almaya devam etse de, özellikle gebelik önleme işlemlerinin sessiz sedasız gerçekleştirildiği durumlarda kovuşturmalar eskisi kadar sık açılmıyordu.

GEBELİĞİN ORAL YOLLA ÖNLENMESİNE YÖNELİK İLK ÇABALAR

Yüzyıllar boyunca her kültürden kadınlar hamile kalmaktan kaçınabilmek umuduyla pek çok madde yutmuştur, ama bu maddelerin hiçbiri –tabii kadını hamile kalamayacak kadar hasta edenler hariç– istenen amaca ulaşamamıştır. Önerilen bazı reçeteler oldukça zararsızdı: maydanoz ve nane çayları, alıç, sarmaşık, söğüt, şebboy, mersin ya da kavak yaprak ya da kabukları. Örümcek yumurtaları ve yılan içeren karışımlar da önerilmiyor değildi. Meyveler, çiçekler, barbunya fasulyesi, kayısı çekirdeği ve karışık baharat iksirleri de önerilen çareler arasındaydı. Herhalde dişi bir atla erkek bir eşeğin döllenmesinin kısır ürünü olması nedeniyle olsa gerek, bir ara gebelik önleme yöntemleri katırla birlikte anılmaya başladı. Bir katırın böbreğini ya da dölyatağını yiyen kadınların kısır olacağına inanılıyordu. Erkek kısırlığı içinse hayvanın yapacağı katkı daha az lezzetli değildi: İğdiş edilmiş bir katırın yanmış testislerinin yenmesi gere-

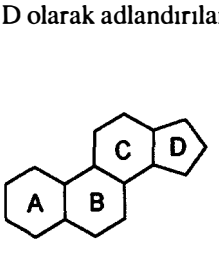
kiyordu. Yedinci yüzyıla ait bir Çin reçetesi olan yağda kızartılmış cıvayı yutmak bir kadını gerçekten de kısırlaştırabiliyordu – tabii daha önce öldürmezse! Eski Yunan'da ve 1800'ler Avrupasının bazı bölgelerinde gebelik önleyici olarak çeşitli bakır tuzlarından yapılmış çözeltiler içilirdi. Ortaçağda önerilen garip bir yönteme göreyse kadının bir kurbağanın ağzına üç kez tükürmesi gerekiyordu. Bunun sonucunda kadının (kurbağanın değil!) kısırlaşacağına inanılıyordu.

STEROİDLER

Gebeliği önlemek için vücudun çeşitli yerlerine sürülen birtakım maddeler sperm öldürücü işlev görmüş olabilirse de, gerçekten güvenli ve etkili kimyasal doğum kontrol yöntemi yirminci yüzyılın ortalarında oral gebelik önleyicilerle geldi. Noretindron, *steroidler* olarak bilinen bir bileşik grubuna aittir. Steroidler şimdilerde bazı sporcularca yasadışı olarak alınan performans artırıcı ilaçlarla özdeşleşmiş durumda. Sporcular tarafından suistimal edilen ilaçlar da steroidler grubundadır elbette; ancak, atletik performansla uzaktan yakından ilgisi olmayan pek çok başka steroid bileşik de vardır. Biz *steroid* terimini bu daha geniş, kimyasal anlamında kullanacağız.

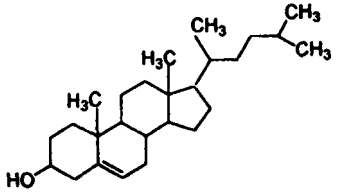
Birçok molekülde yapıdaki çok küçük değişiklikler, etkide çok büyük farklılıklara yol açabilir. Bunun en belirgin olduğu moleküllerse cinsiyet hormonlarıdır: erkeklik hormonları (androjenler), kadınlık hormonları (östrojenler) ve gebelik hormonları (projestinler).

Steroid olarak sınıflandırılmış her bileşik aynı temel moleküler modele –aynı biçimde kaynaşmış dört halkadan oluşan bir diziye– sahiptir. Halkaların üçünde altı, dördüncüsündeyse beş karbon atomu bulunur. A, B, C, ve D olarak adlandırılan halkalardan D halkası her zaman beş üyelidir.



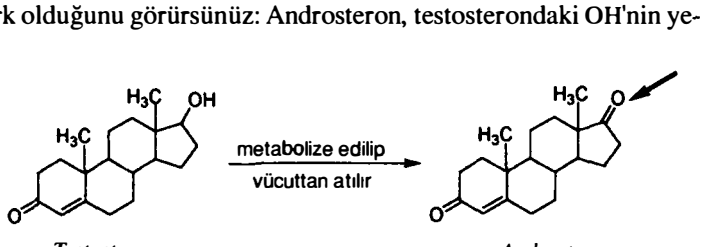
Steroid yapısının A, B, C ve D sıralamasını gösteren dört temel halkası

Hayvansal steroidlerin en yaygını olan kolesterol tüm hayvan dokularında, özellikle yoğun olarak da yumurta sarısında ve insan safra kesesi taşlarında bulunur. Hak etmediği bir kötü şöhret kazanmış bir moleküldür. Vücut sistemimizde kolesterole gereksinim vardır. Kolesterol katı ve sıvı yağları sindirmemize yarayan safra asitleri ve cinsiyet hormonları dahil tüm öteki steroidlerin öncül molekülü olarak hayati bir role sahiptir. Bize yeterli olanı vücudumuz kendisi sentezlediği için, bize gerekmeyen kolesterol, yediklerimizle aldığımız fazladan kolesteroldür. Kolesterolün moleküler yapısı dört temel kaynaşmış halkanın yanı sıra, (çizime daha iyi uysun diye bazen H_3C olarak da gösterilen) CH_3 metil grupları da dahil olmak üzere bazı yan gruplar içerir.



En yaygın hayvan steroidi olan kolesterol

Başlıca erkeklik hormonu olan testosteron ilk kez 1935 yılında, öğütülmüş boğa testislerinden yalıtılmıştır; ama bu, yalıtılan ilk erkek cinsiyet hormonu değildi. İlki, testosteronun metabolize edilmiş ve daha az etkili bir türü olan ve idrarla dışarı atılan androsterondu. Bunların yapılarını karşılaştırdığınızda aralarında pek az fark olduğunu görürsünüz: Androsteron, testosterondaki OH'nin ye-

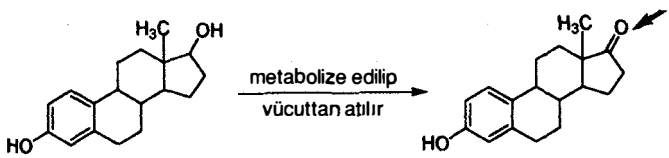


Testosteron *Androsteron*

Androsteron, testosterondan tek bir noktada ayrılır (okla gösterilen kısım).

rini ikili bağlanmış bir oksijen atomunun aldığı oksitlenmiş bir versiyondur. Bir erkeklik hormonunun ilk yalıtılışı 1931 yılında, o zamanlar herhalde yalnızca erkeklerden oluşan Belçika polis kuvvetinden toplanan on beş bin litre idrardan on beş miligram androsteron elde edilmesiyle oldu.

İlk cinsiyet hormonuysa, 1929 yılında hamile kadınların idrarından elde edilen kadın cinsiyet hormonu estrondu. Androsteron ve testosteron gibi, estron da kadınlardaki daha başat ve daha etkin cinsiyet hormonunun –estradiol– vücutça metabolize edilebilen bir çeşididir. Burada da benzer bir oksitlenme süreci, estradioldeki bir OH'yi ikili bağlanan bir oksijene çevirir.

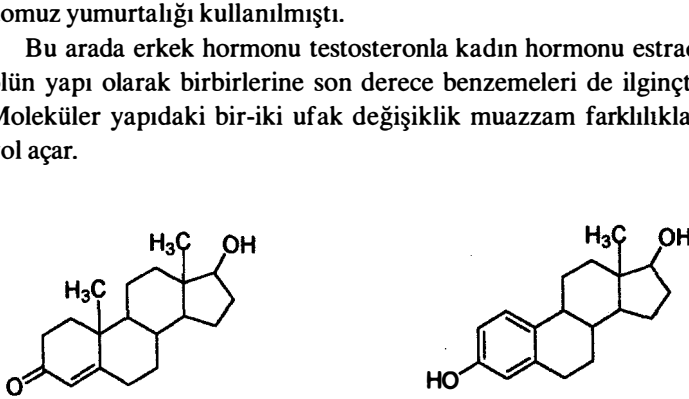


Estradiol *Estron*

Estron, estradiolden tek bir noktada ayrılır (okla gösterilen kısım).

Bu moleküller vücutlarımızda çok küçük miktarlarda bulunur: Yalıtılan ilk estradiolden yalnızca 12 miligram elde etmek için dört ton domuz yumurtalığı kullanılmıştı.

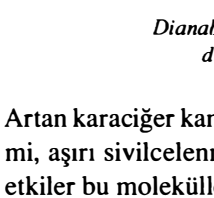
Bu arada erkek hormonu testosteronla kadın hormonu estradiolün yapı olarak birbirlerine son derece benzemeleri de ilginçtir. Moleküler yapıdaki bir-iki ufak değişiklik muazzam farklılıklara yol açar.



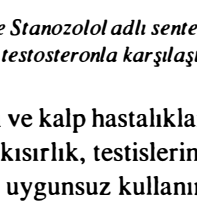
Testosteron *Estradiol*

CH_3'lerden biri eksikse, ikili bağlanan bir oksijen yerine bir OH'niz ve fazladan da birkaç C=C bağınız varsa, ergenliğe eriştiğinizde yüz ve vücut kılları, kalın ses, daha büyük kaslar gibi ikincil erkeklik özellikleri yerine göğüs ve kalçalarınız büyür ve âdet görmeye başlarsınız.

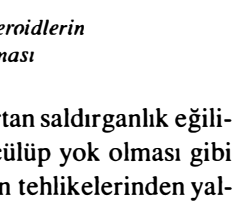
Testosteron, anabolik, yani kas geliştiren bir steroiddir. Yine kas dokusunun gelişmesini hızlandıran endüstriyel bileşikler olan yapay steroidler de testosteronla benzer yapıya sahiptir. Bunlar yaralanma ya da hastalık nedeniyle hareket yeteneğini kısıtlayan kas erimelerine karşı kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Reçete düzeyindeki dozlarda çok küçük oranlarda erkekleştirici yan etkilerle iyileşme sağlamalarına karşılık, Dianabol ve Stanozolol gibi sentetik steroidler büyük oranda kas geliştirmek isteyen sporcularca normalin on ya da yirmi katı düzeylerde kullanıldığında yan etkiler korkunç olabilmektedir.



Dianabol



Testosteron



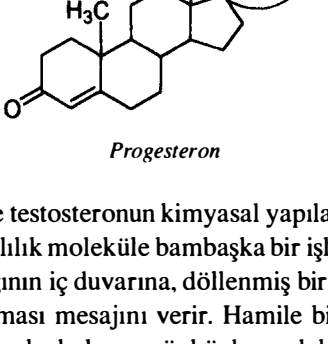
Stanozolol

Dianabol ve Stanozolol adlı sentetik steroidlerin doğal testosteronla karşılaştırılması

Artan karaciğer kanseri ve kalp hastalıkları, artan saldırganlık eğilimi, aşırı sivilcelenme, kısırlık, testislerin küçülüp yok olması gibi etkiler bu moleküllerin uygunsuz kullanımının tehlikelerinden yalnızca birkaçıdır. İkincil erkeklik özelliklerini geliştiren sentetik bir androjenik (erkekleştirici) steroidin testislerin küçülmesine yol açması garip görünebilir; ama yapay testosteronlar vücut dışından sağlandığında, artık işlevlerine gerek kalmayan testisler dumura uğrar.

Bir molekülün testosteronunkine benzer bir yapıya sahip olması, erkeklik hormonu gibi çalışacağı anlamına gelmez. Temel hamilelik hormonu olan progesteronun erkeklik hormonları testosteron ve androsterona benzerliği, Stanozololun bu hormonlara benzerli-

günden daha fazladır; ayrıca progesteron östrojenlerden ziyade erkeklik hormonlarına benzer. Progesteronda bir CH_3CO grubu (çizimde daire içinde), testosterondaki OH'nin yerini alır.



Progesteron

Bu, progesteron ve testosteronun kimyasal yapılarındaki tek farktır; ama bu küçük farklılık moleküle bambaşka bir işlev kazandırır. Progesteron, dölyatağının iç duvarına, döllenmiş bir yumurtanın tutunması için hazır olması mesajını verir. Hamile bir kadın hamileliği süresince yeniden gebe kalmaz, çünkü devamlı bir progesteron salgısı yeniden yumurtlamayı önler. Bu da gebeliğin kimyasal yolla önlenmesinin biyolojik temelidir: Vücut dışından alınan bir progesteron ya da progesteron benzeri madde de yumurtlamayı baskılayabilir.

Progesteron molekülünün gebelik önleyici araç olarak kullanılmasında büyük sorunlar vardır. Progesteronun enjeksiyon yoluyla vücuda alınması gerekir. Büyük olasılıkla mide asitleri ya da öteki sindirim kimyasallarıyla tepkimeye girdiğinden, ağızdan alınması etkisini büyük ölçüde azaltır. Bir başka sorun da, (tonlarca domuz yumurtalığından ancak miligramlar düzeyinde estradiol yalıtılabilmesinde gördüğümüz gibi) doğal steroidlerin hayvanlarda çok küçük miktarlarda bulunmasıdır. Bunların bu kaynaklardan elde edilmesi hiç pratik değildir.

Bu sorunlara çözüm, ağızdan alındığında da etkinliğini koruyan yapay bir progesteronun sentezlenmesidir. Böyle bir sentezin büyük ölçeklerde mümkün olabilmesi için de, CH_3 gruplarının belli yerlerde konumlanmış olduğu dört halkalı steroid sistemini içeren bir başlangıç malzemesine gereksinim vardır. Bir başka deyişle, progeste-

ronun rolünü taklit edebilecek bir molekül sentezleyebilmek için, laboratuvarda uygun tepkimelerle yapısı değiştirilebilecek bir başka steroidi büyük miktarlarda sunabilecek kolay erişilebilir bir kaynak gereklidir.

RUSSELL MARKER'IN AKILLARA DURGUNLUK VEREN MACERALARI

Burada kimyasal sorunu belirtmiş olmakla birlikte, bunu geçmişe dönük bir bakış açısından gördüğümüzü de vurgulayalım. İlk doğum kontrol hapının sentezi, oldukça farklı bir dizi sorunu çözme çabasının bir ürünüydü. Bu çabada rol alan kimyacılar sonunda toplumsal değişimi körükleyecek, kadınların kendi hayatlarını yönetebilmelerini sağlayacak ve cinsiyetlerin geleneksel rollerini değiştirecek bir molekül üreteceklerini akıllarının ucundan bile geçirmemişlerdi. Çalışmaları hapın geliştirilmesinde anahtar rol oynayacak olan Amerikalı kimyacı Russell Marker için de aynı şey söz konusuydu. Yürüttüğü kimya deneylerinin hedefi gebelik önleyici bir molekül üretmek değil, kortizon adlı bir başka steroid molekülünün uygun maliyetle üretilebilmesinin yolunu bulmaktı.

Marker'ın hayatı gelenek ve otoriteyle bitmeyen bir çatışma içinde geçmişti – ki bu da, gelenek ve otoriteyle savaşması gerekecek bir molekülün üretilmesine yardımcı olan birine yakışan bir özellikti. Marker lise ve üniversiteyi çiftliklerde ortakçılık yapan babasının isteğine karşı gelerek okumuş ve 1923'te Maryland Üniversitesi'nden kimya lisans derecesiyle mezun olmuştu. Her ne kadar kendisi eğitimini "çiftlik işlerinden kurtulmak için" sürdürdüğünü söylese de, Marker'ın yeteneği ve kimyaya olan ilgisi, eğitimini lisansüstüne taşımaya karar vermesinde rol oynamış olmalı.

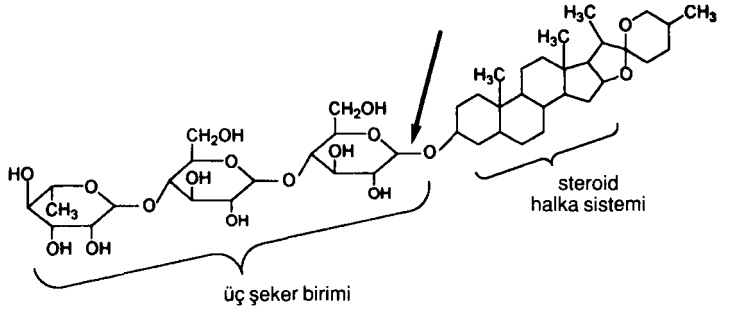
Doktora tezi tamamlanmış ve Amerikan Kimya Derneği'nin bilimsel yayın organı olan *Journal of the American Chemical Society* dergisinde yayımlanmış olmasına karşın, Marker'a doktora derecesinin koşullarını tamamlayabilmesi için fiziksel kimya alanından bir ders daha alması gerektiği söylendi. Marker ise bunun için harcanacak zamanı laboratuvarda daha kârlı biçimde kullanabileceğini düşündü. Profesörlerinin kendisini doktora derecesi olmadan kimya

araştırmaları alanında iş bulamayacağı konusunda tekrar tekrar uyarmalarına karşın üniversiteden ayrıldı. Ama yetenekleri doktorasını tamamlamamış olmasının handikabından ağır basmış olmalı ki, üç yıl sonra Manhattan'daki prestijli Rockefeller Enstitüsü'nün araştırma bölümüne katıldı.

Marker burada steroidler, özellikle de bunları kimyacılara dört steroid halka üzerindeki çeşitli yan grupların yapılarını değiştirmek için deneyler yapmalarına izin verecek miktarlarda üretmenin yöntemleri üzerine yoğunlaştı. O sıralar, hamile kısrakların idrarlarından yalıtılan progesteronun bir gramının bin doları aşan maliyeti, kimya araştırmacılarının erimi dışındaydı. Bu kaynaktan elde edilen çok küçük miktarlar, varlıklı yarış atı sahiplerince, değerli damızlık hayvanlarının düşük yapmaması için kullanılıyordu.

Marker steroid içeren bileşiklerin yüksükotu, müge, saparna ve zakkum dahil bazı bitkilerde de bulunduğunu biliyordu. Yalnızca dört halkalı steroid sisteminin yalıtılması o zamana kadar mümkün olmamışsa da, bu bileşiklerin bitkilerde bulunan miktarları hayvanlardakinden çok daha büyüktü. Marker için tutulması gereken yol buydu; gelgelelim kendini bir kez daha gelenek ve otoriteyle karşı karşıya bulmuştu. Rockefeller Enstitüsü'nün geleneğine göre bitki kimyası, Marker'ın bölümünün değil farmakoloji bölümünün ilgi alanına giriyordu. Rockefeller Enstitüsü'nün başkanının şahsında somutlaşan otorite, Marker'a bitki steroidleri üzerinde çalışmayı yasakladı.

Bunun üzerine Marker Rockefeller Enstitüsü'nden ayrıldı. Bir sonraki durağı olarak Pennsylvania Eyalet Koleji'nde bir araştırma bursuyla steroidler üzerinde çalışmaya devam etti ve bir süre sonra da Parke-Davis ilaç şirketiyle işbirliğine girdi. Nitekim sonunda büyük miktarlarda steroidi bitkiler dünyasından elde edecekti. İşe, kök birası ve benzer içeceklere tat vermek için kullanılan ve suda köpüklü ya da sabunsu çözeltiler yapabildikleri için *saponinler* denen bileşikler içeren saparna bitkisinin (sarsaparilla) köklerinden başladı. Saponinler, selüloz ya da lignin gibi polimer moleküller kadar olmasa da karmaşık moleküllerdir. Saparna bitkisindeki saponin olan sarsasaponin, kendisi de D halkasından iki başka halkayla kaynaşmış olan bir steroid halka sistemine eklenmiş üç şeker biriminden oluşur.

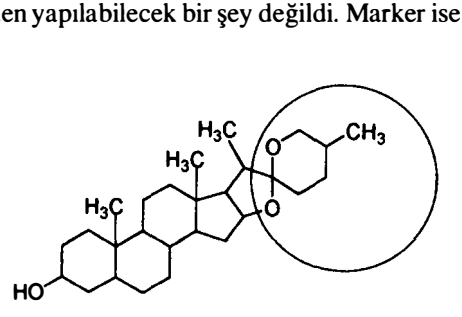


Saparna (sarsaparilla) bitkisindeki saponin molekülü olan sarsasaponinin yapısı

Üç şekerin –iki glukoz birimi ve ramnoz denen farklı bir şeker birimi– kolayca ayrılabildiği biliniyordu. Asit kullanıldığında şeker birimleri yukarıdaki şekilde okla gösterilen yerden kopar.

sarsasaponin $\xrightarrow[\text{tepkime}]{\text{asit ya da enzimlerle}}$ sarsasapogenin + 2 glukoz + ramnoz

Sorun çıkaran, molekülün *sapogenin* denen geri kalanıydı. Sarsasapogeninden steroid halka sistemini elde etmek için, bir sonraki şekilde daire içine alınmış yan grubun çıkarılması gerekiyordu. O günün kimya bilgilerine göre bu işlem steroid yapısının başka bölümlerini tahrip etmeden yapılabilecek bir şey değildi. Marker ise bunun yapı-



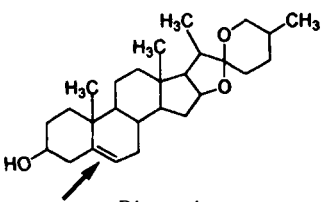
Saparna bitkisinin sapogenini olan sarsasapogenin

labileceğinden emindi ve haklı olduğunu da kanıtladı. Geliştirdiği süreç dört halkalı temel steroid sistemini yalıtıyor ve birkaç ek adımla, kimyasal olarak kadın vücudunda üretilenle tıpatıp aynı olan sentetik progesteron elde ediliyordu. Dahası, yan grup bir kez ortadan kaldırıldıktan sonra daha pek çok steroid bileşiğin sentezi mümkün oluyordu. Bu süreç, yani sapogenin yan grubunun steroid sistemden çıkarılması, günümüzün milyarlarca dolarlık sentetik hormon endüstrisinde hâlâ kullanılmakta. Adı da "Marker bozulması".

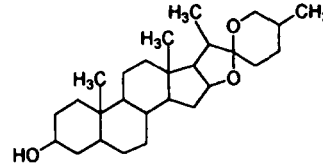
Marker'ın bir sonraki sınavı, saparnadakinden daha fazla başlangıç malzemesi içeren bir bitki bulabilmekti. Ana saponinlerden şeker birimlerini ayıklamakla elde edilen steroid sapogeninler, saparnaların dışında trilyum, yuka, yüksükotu, agave kaktüsü ve kuşkonmaz dahil birçok bitkide bulunur. Yüzlerce tropik ve sübtropik bitkiyi kapsayan araştırmaları Marker'ı sonunda *Dioscorea* cinsine ait bir türe –Meksika'nın Vera Cruz eyaletindeki dağlara özgü bir yabani *yam*'e*– ulaştırdı. Artık 1942 yılının başlarına gelinmişti ve ABD İkinci Dünya Savaşı'na katılmış bulunuyordu. Meksikalı yetkililer bitki toplanmasına izin vermiyordu ve Marker da keşfettiği *yam*'i toplamak için bölgeye gitmemesi konusunda uyarılmıştı. Bu türden uyarılar Marker'ı daha önce durduramamıştı ve şimdi de yolundan döndüremeyecekti. Yerel otobüslerin birinden ötekine binerek sonunda bitkinin yetiştiği söylenen yere vardı. Burada bölge yerlilerinin *cabeza de negro* (kara kafa) adını verdikleri bitkinin otuz santimlik siyah köklerinden iki çanta dolusu topladı.

Pennsylvania'ya döndüğünde bunlardan saparna bitkisindeki sarsasapogenine çok benzeyen bir sapogenin elde etti. Aradaki tek fark, yabani *yam*'deki sapogenin olan diosgeninde aşağıdaki şekilde okla gösterilmiş olan fazladan bir ikili bağdı. "Marker bozulması", istenmeyen yan grubu çıkarttı ve fazladan birkaç kimyasal tepkimenin sonucunda bol miktarda progesteron üretildi. Marker'a göre, steroid hormonların makul bir maliyetle elde edilmesinin yolu Meksika'da bir laboratuvar kurulması ve Meksika *yam*'indeki zengin kaynaktan yararlanılmasından geçiyordu.

* Sıcak bölgelerde yetiştirilen, nişasta içeriği zengin, yumrulu bir kök bitkisi. –*y.n.*



Diosgenin



Sarsasapogenin

Meksika yam*'indeki diosgenin, saparna sapogenini olan sarsasapogeninden yalnızca okla gösterilen fazladan ikili bağla ayrılır.*

Ancak, her ne kadar bu çözüm Marker'a pratik ve mantıklı gelse de, ilgilerini bu projeye çekmeye çalıştığı büyük eczacılık şirketlerine fazla çekici gelmiyordu. Gelenek ve otorite bir kez daha önünü kesmişti. Başvurduğu şirketlerin yetkilileri Meksika'nın böylesine karmaşık kimyasal sentezleri gerçekleştirme deneyimi olmamasını gerekçe gösteriyordu. Alandaki belli başlı firmalardan para desteği sağlayamayan Marker hormon üretimi işine kendisi girmeye karar verdi. Pennsylvania Eyalet Koleji'nden istifa etti ve bir süre sonra Mexico City'ye yerleşerek 1944 yılında bazı ortaklarla birlikte –*synthesis* (sentez) ve Mexico sözcüklerinden türetme– Syntex adını verdiği, ileride steroid ürünler alanında dünya lideri olacak eczacılık şirketini kurdu.

Gelgelelim, Marker'ın Syntex ile olan ilişkisi de fazla uzun ömürlü olmadı. Ödemeler, kârlar ve patentler üzerine tartışmalar şirketten ayrılmasına neden oldu. Botanica-Mex adıyla kurduğu başka bir şirket de daha sonra Avrupa ilaç firmalarınca satın alındı. O zamana kadar Marker steroid içeren diosgenin molekülünün daha bol bulunduğu başka bitki türleri de keşfetmişti. Sentetik progesteronun maliyeti gitgide düştü. Bir zamanlar yerel çiftçilerce balık zehri olarak kullanılan (balıkları sersemleten ama yenilmelerini engelleyecek kalıcı etki yapmayan) bu *yam*'ler artık Meksika'da ticari ürün olarak yetiştiriliyor.

Marker, süreçlerinin patent hakkını almakta her zaman isteksiz olmuştu, çünkü keşiflerinden herkesin yararlanmasını istiyordu. 1949'a gelindiğinde hem kimyacı meslektaşlarının tutumundan hem



Geliştirmiş olduğu Marker bozulması denen kimyasal süreçle kimyacılara bol miktarlarda bitki steroidlerine erişim olanağı sağlayan Russell Marker. (Fotoğraf Pennsylvania Eyalet Üniversitesi'nin arşivinden.)

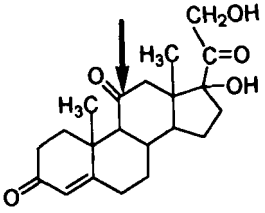
de artık kimya araştırmalarının itici gücü olduğunu fark ettiği kâr hedefinden öylesine tiksinti duymuştu ki, kendini kimya alanından tümüyle çekmek için bütün laboratuvar notlarını ve deney kayıtlarını yok etti. Tüm bu çabalarına karşın Marker'ın öncülüğünü yaptığı tepkimeler, doğum kontrol hapını mümkün kılan çalışmalar olarak kabul ediliyor.

ÖTEKİ STEROİDLERİN SENTEZİ

1949 yılında ABD'ye Avusturya'dan gelen genç bir göçmen Mexico City'deki Syntex tesislerinde işe başladı. Carl Djerassi, Wisconsin Üniversitesi'nde testosteronun kimya aracılığıyla estradiole çevrilmesi üzerine yazdığı teziyle doktora derecesini henüz yeni almıştı. O sırada Syntex, artık yabani *yam*'lerden görece bol miktarlarda el-

de edilen progesteronun kortizon molekülüne çevrilmesinin yollarını araştırıyordu. Kortizon, adrenal korteksinden (böbreklerin yanlarındaki adrenalin bezlerinin dış kısmı) yalıtılan en az yirmi sekiz hormondan biridir. Özellikle romatizmal artrit (eklem iltihabı) tedavisinde etkili olan güçlü bir yangı önleyici maddedir. Öteki steroidler gibi kortizon da hayvan dokularında ancak çok küçük miktarlarda bulunur. Kortizon laboratuvarlarda yapılabiliyordu ama kullanılan yöntemler son derece pahalıydı. Sentez kırk iki adımdan oluşuyordu ve başlangıç malzemesi olan dezoksikolik asidin, rahat bulunabilen bir kaynak sayılamayacak öküz safrasından yalıtılması gerekiyordu.

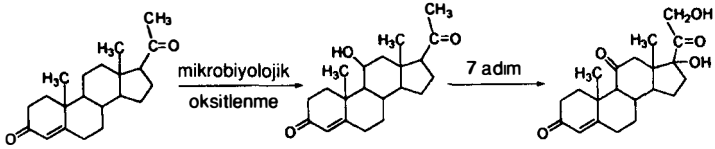
Marker bozulması sürecinden yararlanan Djerassi, kortizonun diosgenin gibi bitkisel bir kaynaktan nasıl çok daha ucuza üretilebileceğini gösterdi. Kortizon yapımındaki en önemli güçlüklerden biri, ikili bağlanan oksijeni C halkasında, safra asitleri ya da cinsiyet hormonlarında yan bağ yaptığı görülmeyen 11 numaralı karbona tutturmaktır.



Kortizon. 11 numaralı C'deki C=O okla gösterilmiştir.

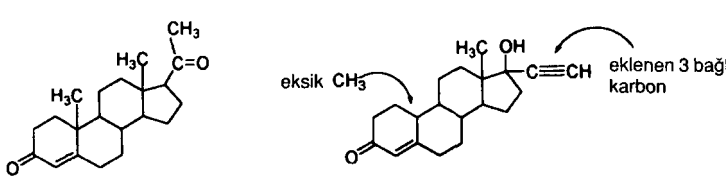
Daha sonra bu noktaya, *Rhizopus nigricans*'tan (ekmek küfü) yararlanılarak oksijen bağlamanın bir yolu keşfedildi. Mantar ile kimyacı arasındaki bu işbirliğinin sonucu, biri mikrobiyolojik ve yedisi kimyasal olmak üzere yalnızca sekiz adımla progesterondan kortizon elde edilmesi oldu.

Kortizon yapımındaki başarısının ardından Djerassi, diosgeninden hem estron hem de estradiol sentezleyerek Syntex'e dünya çapında bir hormon ve steroid üreticisi olarak önemli bir konum kazandırdı. Bir sonraki projesi yapay progestin sentezlemekti: proges-



Progesteron *Kortizon*

teron benzeri özellikler taşıyacak ama ağızdan alınabilecek bir bileşik. Amaç gebelik önleyici bir hap yaratmak değildi. Artık bir gramı bir dolardan ucuza yani makul bir fiyata satın alınabilen progesteron, daha önce düşük yapmış kadınların tedavisinde kullanılıyordu. Ancak, enjeksiyon yoluyla uygulanıyor ve oldukça büyük dozlar gerektiriyordu. Derrassi'nin bu konuda takip ettiği bilimsel makaleler ona bir fikir verdi: Belki de D halkasındaki bir grubu üçlü bağlanmış (≡) iki karbonla değiştirmek, molekülün yutulunca da etkisini korumasını sağlayabilirdi. Başka bir makalede de, 19 numaralı karbona bağlı CH_3 grubunun çıkartılmasının, başka birtakım progesteron benzeri moleküllerin etkisini artırır göründüğünden söz edilmekteydi. Djerassi ve ekibinin 1951 yılında sentezleyip patentini aldığı molekül, sekiz kat daha etkili olmasının ötesinde, oral olarak da alınabiliyordu. Bileşiğe verilen noretindron adının başındaki *nor*, bir CH_3 grubunun eksik olduğuna işaret ediyordu.



Progesteron *Noretindron*

Doğal progesteronun yapısının yapay progestin noretindronla karşılaştırılması

Doğum kontrol hapını eleştirenler, bunun kadınların kullanımı için erkeklerin geliştirdiği bir ürün olduğunu dile getirdiler. Gerçekten de bu molekülün sentezinde rol oynamış olan kimyacılar erkekti; ama şimdilerde bazen "doğum kontrol hapının babası" diye anılan Djerassi yıllar sonra, "Bu maddenin sonunda dünyanın her ya-

nında kullanılan oral gebelik önleyicilerden yarısının aktif maddesi olacağını asla hayal edemezdik," diyecekti. Noretindron, gebeliği desteklemekte ve âdet düzensizliklerinde, özellikle de aşırı kan kaybının görüldüğü vakalarda kullanılacak bir hormonal müdahale aracı olarak tasarlanmıştı. Ama daha sonra, 1950'lerin başlarında iki kadın, bu molekülün sınırlı bir kısırlık tedavi aracı olmaktan çıkıp milyonlarca kadının yaşamının sıradan bir parçası haline gelmesini sağlayan itici güç oldu.

DOĞUM KONTROL HAPININ ANALARI

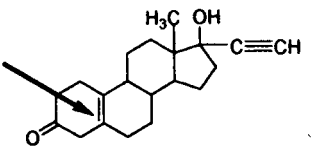
Uluslararası Aile Planlaması Federasyonu'nun kurucusu Margaret Sanger, 1917 yılında New York'un Brooklyn semtindeki bir klinikte göçmen kadınlara gebelik önleyici gereçler verdiği için hapse atıldı. Yaşamı boyunca, bir kadının kendi vücudu ve doğurganlığı üzerinde söz sahibi olması gerektiği görüşünün ateşli bir savunucusuydu. Katherine McCormick, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden biyoloji doktorası alan ilk kadınlardan biriydi. Ayrıca kocasının ölümünden sonra çok büyük bir servet sahibi olmuştu. Margaret Sanger'ı otuz yıldan fazladır tanıyordu ve hatta onun gebelik önleyici diyaframları ABD'ye kaçak olarak sokmasına yardımcı olmuş, doğum kontrolü davasına para desteği sağlamıştı. Kadın doğurganlığı konusunda uzman ve Worcester Deneysel Biyoloji Vakfı adlı küçük araştırma kurumunun kurucularından biri olan Gregory Pincus ile görüşmek üzere Massachusetts eyaletindeki Shrewbury kasabasına gittiklerinde her iki kadın da yetmişlerindeydi. Sanger, Dr. Pincus'tan "mükemmel bir gebelik önleyici", "aspirin gibi yutulabilen" tehlikesiz, ucuz, güvenilir bir hap üreterek kendisini kanıtlamaya davet etti. McCormick de arkadaşının girişimini parasal yardımlarla destekledi ve izleyen on beş yıl boyunca bu dava için üç milyon doların üzerinde katkıda bulundu.

Worcester Vakfı'nda Dr. Pincus ve meslektaşları, işe progesteronun yumurtlamayı baskıladığını doğrulamakla başladılar. Başta tavşanlar üzerinde çalıştılar. Pincus ancak Harvard Üniversitesi'ndeki başka bir üreme araştırmacısı olan Dr. John Rock ile karşılaştıktan sonra insan deneklerden de aynı sonuçların elde edilmiş oldu-

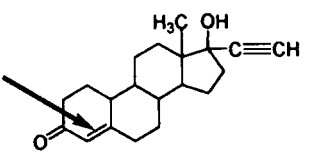
gunu öğrendi. Rock, hastalarındaki üreme sorunlarını çözmeye çalışan bir jinekologdu. Kısırlık tedavisi için progesteron uygulamada izlediği mantık, yumurtlamayı baskılayarak birkaç ay süreyle doğurganlığı engellemenin, progesteron iğnelerinin kesilmesiyle bir "geri tepme" etkisi göstereceği varsayımına dayanıyordu.

1952 yılında Massachusetts eyaletinde, ABD'deki en kısıtlayıcı doğum kontrol yasaları yürürlükteydi. Doğum kontrolü uygulamasının yasak olmamasına karşılık, gebelik önleyicilerin sergilenmesi, satışı, doktorlarca salık verilmesi ve hatta gebelik önleme konusunda bilgi verilmesi bile ceza gerektiren kabahatler kapsamına giriyordu. Bu yasa 1972 yılına kadar yürürlükten kalkmadı. Bu yasal kısıtlamalar karşısında Rock, hastalarına progesteron iğneleri tedavisini açıklamakta anlaşılabilir bir çekingenlik gösteriyordu. Oysa süreç hâlâ deney aşamasında olduğundan kullanımı için hastanın bilinçli onayı özellikle gerekliydi. Dolayısıyla yumurtlamanın baskılanması hastaya açıklanıyor, ama bunun doğurganlığın yükseltilmesi hedefinin geçici bir yan etkisi olduğu vurgulanıyordu.

Oldukça yüksek dozlarda progesteron enjeksiyonlarının uzun dönemli bir doğum kontrol aracı olacağına Pincus da Rock da inanmıyordu. Pincus o zamana kadar geliştirilmiş yapay progesteronlardan bazılarının daha küçük dozlarda da etkili olup olmadığını ve ağızdan da alınıp alınamayacağını öğrenmek için ilaç şirketlerine başvurdu. Yanıt gecikmedi: Aranan niteliklere uygun yapay progestinler bulunmuyordu. Chicago merkezli ilaç şirketi G. D. Searle, Djerassi'nin Syntex'te sentezlemiş olduğuna çok benzeyen bir molekülün patentini almıştı. Bu yeni moleküldeki noretinodrel, noretindrondan yalnızca bir ikili bağın yerinde farklılık gösteriyordu.



Noretinodrel



Noretindron

Oklar, Searle'ün noretinodreliyle Syntex'in noretindronu arasındaki tek fark olan ikili bağların yerlerini gösteriyor.

Etkin molekülün aslında noretindron olduğu, mide asitlerinin noretinodreldeki ikili bağın yerini yapısal izomerdeki yerine çevirdiği, yani aynı formül ve değişik yapılanmaya sahip bir noretindrona dönüştürdüğü varsayılıyor. Her iki bileşime de patent verildi. Bir molekülün vücut tarafından bir başkasına dönüştürülmesinin patent yasasının ihlali anlamına gelip gelmediği yolunda bir hukuk tartışmasına girilmedi.

Worcester Vakfı'nda Pincus yumurtlamayı baskılaması için her iki molekülü tavşanlar üzerinde denedi. Tek yan etki, tavşan yavrularının olmayışıydı. Ardından Rock, artık Enovid ismini almış olan noretinodreli hastaları üzerinde ihtiyatla denemeye başladı. Her ne kadar bir gerçeklik payı yok değilse de, hâlâ kısırlık ve âdet düzensizlikleri üzerinde araştırma yürüttüğü masalını sürdürüyordu. Hastaları hâlâ bu sorunlara çare arıyor, o da aslında geçmişteki deneyleri tekrarlamaktan başka bir şey yapmıyordu: En azından bazı kadınlarda başarıyla gerçekleşen doğurganlık artışını sağlamak için yumurtlamayı birkaç ay süreyle baskılıyordu. Ancak, sentetik progesterondan daha düşük dozlarda ve oral yolla alınan yapay progestinler kullanıyordu. Buna karşılık geri tepme etkisinde herhangi bir değişiklik görülmüyordu. Hastalarının tedavi sonrası deneyimlerinin dikkatle izlenmesi, Enovid'in yumurtlamanın önlenmesinde yüzde yüz etkili olduğunu ortaya koydu.

Artık gereken, Porto Riko'da saha araştırmaları yapmaktı. Son yıllarda yoksul, eğitimsiz ve uygulamalar konusunda bilgisiz kadınların istismar edildiği gerekçesiyle "Porto Riko deneyleri" eleştirilerin hedefi haline geldi. Ne var ki, Porto Riko doğum kontrolü hakkında bilinçlenme açısından Massachusetts'in çok ilerisindeydi. Nüfusunun çok büyük bölümünün Katolik olmasına karşın, 1937 yılında, yani Massachuseets eyaletinden 35 yıl önce Porto Riko, doğum kontrol malzemelerinin dağıtımındaki yasakları kaldırmak için yasalarını değiştirmişti. "Annelik öncesi" klinikler diye adlandırılan doğum kontrol klinikleri vardı ve Porto Riko'nun tıp fakültesindeki doktorların yanı sıra halk sağlığı yetkilileri ve hemşireler de oral bir gebelik önleyicisi için saha deneyleri yapma fikrini destekliyorlardı.

Çalışmaya katılan kadınlar dikkatle seçildi ve araştırma süresince davamlı kontrol altında tutuldu. Yoksul ve eğitimsiz olabilirlerdi,

ama pragmatik ve pratiktiler. Belki dişi hormon döngüsünün karmaşık ayrıntılarını anlamamışlardı, ama daha fazla çocuk sahibi olmanın tehlikelerinin çok iyi farkındaydılar. İki göz evinde on üç çocuğuyla birlikte yaşayan ve geçimlik çiftçilik yapan otuz altı yaşındaki bir kadın için bir doğum kontrol hapının olası yan etkileri, istenmeyen yeni bir hamilelikten çok daha güvenliydi. 1956 yılında Porto Riko'da gönüllü denek sıkıntısı olmamıştı ve ardından Haiti ve Mexico City'de yapılan yeni çalışmalarda da olmayacaktı.

Bu üç ülkede gerçekleştirilen deneylere iki binin üzerinde kadın katıldı. Öteki gebelik önleme yöntemlerindeki yüzde 30-40 başarısızlık oranına karşılık, bu deneylerdeki başarısızlık oranı yalnızca yüzde bir kadardı. Oral yolla gebelik önlenmesine yönelik klinik deneyler başarılıydı. Dizginlenmemiş doğurganlığın getirdiği sıkıntı ve sefalete büyük ölçüde tanıklık etmiş, hemcinslerinden daha yaşlı iki kadının önermiş olduğu fikir tatbik edilebilir gibi görünüyordu. Ne gariptir ki, bu deneyler Massachusetts'te yapılmış olsaydı deneklere deneyin amacını açıklamak bile suç oluştururdu.

ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) âdet düzensizlikleri için bir tedavi aracı olarak Enovid'e sınırlı onay verdi, ama gelenek ve otoritenin güçleri hâlâ işbaşındaydı. Hapın gebelik önleyici özelliklerinin kesin olarak bilinmesine karşın, kadınların her gün bir gebelik önleyici hap kullanmaya isteksiz olacağı ve görece yüksek maliyetin (ayda on dolar kadar) caydırıcı etki yapacağı düşünülüyordu. Gelgelelim, FDA'nın onayından iki yıl sonra yarım milyon kadın "âdet düzensizlikleri" için Enovid kullanıyordu.

G. D. Searle sonunda Enovid'in oral bir gebelik önleyici olarak onaylanması için başvuruda bulundu ve resmi onay 1960 Mayısında verildi. 1965'te dört milyona yakın Amerikalı kadın hapı kullanıyordu; yirmi yıl sonraysa dünyanın her tarafında seksen milyon kadın, Marker'ın bir Meksika *yam*'iyle yaptığı deneyler sayesinde üretilmiş bir molekülden yararlanıyordu.

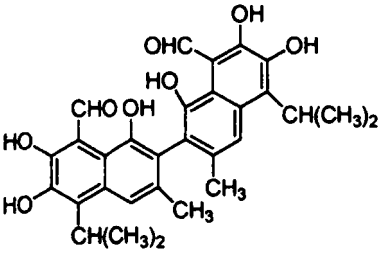
Saha deneylerinde kullanılan ve Porto Riko deneylerine günümüzde getirilen eleştirilerin bir başka nedeni olan on miligramlık doz, kısa sürede beş miligrama, ardından iki miligrama, sonra daha da altına indirildi. Sentetik progestini küçük bir yüzdede östrojen ile birleştirmenin, yan etkileri (kilo alma, bulantı, zamansız kanamalar

ve ruhsal durumdaki dalgalanmalar) azalttığı görüldü. 1965'e gelindiğinde, Syntex'in molekülü noretindron, lisans hakkını satın almış olan Parke-Davis and Ortho şirketi (Johnson & Johnson grubunun bir alt kuruluşu) sayesinde gebelik önleyiciler pazarının büyük bölümünü ele geçirmişti.

Peki neden erkekler için de bir doğum kontrol hapı geliştirilmedi? Annesi 11 çocuk doğurup birçok kez de düşük yaptıktan sonra 50 yaşında veremden ölen Margaret Sanger da Katherine McCormick de hapın geliştirilmesinde kilit rol oynadı. Her ikisi de gebeliğin önlenmesinde kadının karar sahibi olması gerektiğine inanıyordu. Erkekler için bir hapa da destek sağlamayı kabul ederler miydi, orası şüpheli. Oral gebelik önleyicilerin ilk öncüleri erkekler tarafından kullanılacak bir hap geliştirmiş olsalardı, acaba bu kez de eleştiriler "Erkek kimyacılar, doğum kontrolünün denetimini erkeklere bırakan bir hap geliştirdiler" biçimini alır mıydı? Herhalde.

Erkekler için oral doğum kontrolünün güçlüğü biyolojide yatar. Noretindronun (ve öteki yapay progestinlerin) yaptığı, doğal progesteronun vücuda verdiği talimatı taklit etmektir: Yumurtlamayı kes. Erkeklerde bir hormonal döngü yoktur. Her gün milyonlarca sperm üretimini geçici bir süre için önlemek, ayda tek bir yumurtanın gelişimini önlemekten çok daha zordur.

Yine de doğum kontrolü sorumluluğunu cinsiyetler arasında daha adil biçimde paylaştırmak gereksinimi adına, erkekler için doğum kontrol hapları olabilecek birtakım moleküller üzerinde araştırmalar sürüyor. Hormonal olmayan yaklaşımlardan biri, 7. Bölüm'de sözü edilen pamuk tohumu yağından elde edilen toksik bir polifenol olan gosipol molekülünü içeriyor. 1970'li yıllarda Çin'de yapılan deneyler gosipolün sperm üretimini baskılamakta etkili olduğunu gösterdi; ancak sürecin geriye çevrilebilirliğinin kesin olmaması ve vücuttaki potasyum oranını azaltarak kalp atışlarında düzensizliğe yol açması gibi sorunlarla karşılaşıldı. Geçtiğimiz yıllardaysa hem Çin'de hem de Brezilya'da daha düşük gosipol dozlarıyla (günde 10 ila 12,5 mg) yapılan deneyler bu yan etkilerin kontrol altına alınabileceğini gösterdi. Şimdi bu molekül üzerinde daha geniş kapsamlı deneyler yapılması planlanıyor.



Gosipol

İleride yeni ve daha iyi doğum kontrol yöntemleri olarak ortaya ne çıkarsa çıksın, bir başka gebelik önleyici molekülün toplumu noretindronun yaptığı ölçüde değiştirebileceği kuşkulu. Bu molekül evrensel kabul görmüş değil; ahlak, aile değerleri, olası sağlık sorunları, uzun dönemli etkiler ve bunlara benzer endişeler tartışma konusu olmayı sürdürüyor. Yine de, hapın getirdiği büyük değişikliğin, yani kadının artık doğurganlığını kontrol edebiliyor olmasının toplumsal bir devrime yol açmış olduğunda kuşku yok. Son kırk yıl içinde, noretindron ve benzeri moleküllerin yaygın olarak erişime açık hale geldiği ülkelerde doğum oranları düşmüş ve kadınlar daha çok eğitim imkânına kavuşarak şimdiye kadar görülmemiş sayılarla çalışma hayatına katılmış bulunuyor: Siyasette, iş hayatında ve ticarette kadınlar artık istisna değil.

Noretindron yalnızca doğurganlığı kontrol eden bir ilaç olmanın ötesinde bir öneme sahipti. Ortaya çıkışı yalnızca doğurganlık ve gebelik önleme konularında bir bilinçlenme sağlamakla kalmadı, kadınlara yüzyıllarca tabu sayılan konularda da (örneğin meme kanseri, aile içi şiddet, ensest) düşüncelerini açıklama (ve bir şeyler yapma) olanağı sağladı. Yalnızca kırk yıl içinde insanların tutumlarında gözlenen değişim inanılır gibi değil. Bebek sahibi olmak ve aile kurmak için seçim olanağına kavuşan kadınlar artık ülke yönetiyor, savaş uçakları kullanıyor, kalp ameliyatı yapıyor, maratonlarda koşuyor, astronot oluyor, şirket yönetiyor ve tekneleriyle dünyayı dolaşıyorlar.

12

CADILIK MOLEKÜLLERİ

ON DÖRDÜNCÜ YÜZYILIN ortalarından on sekizinci yüzyılın sonlarına kadar bir grup molekül yüzbinlerce insanın ölümüne katkıda bulundu. Bu yüzyıllar süresince Avrupa'nın hemen her ülkesinde cadı diye yakılan, asılan ya da işkence edilenlerin sayısı tabii ki kesin olarak bilinemez. Tahminler kırk bin ile birkaç milyon arasında değişiyor. Cadılıkla suçlananlar arasında erkeklerin, kadınların ve çocukların, soyluların, köylülerin ve papazların bulunmasına karşın, suçlayıcı parmaklar genelde kadınlara, özellikle de yoksul ve yaşlı kadınlara yöneliyordu. Yüzlerce yıl koskoca toplumları tehdit eden isteri ve batıl inanış dalgalarının başlıca kurbanlarının kadınlar olmasıyla ilgili birçok neden ileri sürülmüştür. Biz bazı moleküllerin, yüzyıllarca süren bu baskının tümünden sorumlu olmasalar bile bu ayrımda önemli bir rol oynadıkları görüşündeyiz.

Büyü ve sihre duyulan inanç, ortaçağın sonunda cadı avlarının başlamasından çok önce de insan topluluklarında vardı. Taş devrinde yapılmış kadın figürlerinin sihirli doğurganlık sembolleri olarak kutsal sayıldıkları düşünülüyor. Eski uygarlıkların hepsinin destanları doğaüstü varlıklarla doludur: hayvan biçimine giren tanrılar, büyü yapan tanrıçalar, canlıları taşa döndürenler, umacılar, gulyabaniler, hayaletler, yarı insan yarı hayvan korkunç yaratıklar, ruhsal varlıklar, gökte, ormanlarda, göllerde, okyanuslarda ve yeraltında yaşayan tanrılar... Sihir ve batıl inançla dolu bir dünya olan Hıristiyanlık öncesi Avrupa da farklı değildi.

Hıristiyanlık Avrupa'nın her yerine yayıldıkça, eski pagan sembol ve bayramlarının birçoğu Kilise'nin tören ve kutlamaları arasına karıştı. Kilise'nin dikkatleri pagan kutlamalardan uzağa çekmek için 1 Kasım'ı Tüm Azizler Günü ilan etmiş olmasına karşılık, hâlâ 31 Ekim'de, Keltlerin büyük ölüler festivali olan Cadılar Bayramı'nı (Halloween) kutluyoruz. Noel, Romalıların kutladığı Saturnalia bayramının hemen ertesine rastlıyor. Günümüzde Noel'le özdeşleştirdiğimiz yılbaşı ağacı ve başka birçok sembol (yılbaşı çiçeği, sarmaşık ve mumlar) aslında pagan kökenli.

ZAHMET VE SIKINTI

1350 yılından önce cadılık, büyücülüğün, yani kişisel çıkarlar için doğayı kullanma çabasının bir yöntemi olarak görülürdü. Ürünleri ya da insanları koruyacağı inancıyla tılsımlar kullanmak, etkileme ve kazanç sağlama amacıyla büyü yapmak ve ruh çağırmak yaygındı. Avrupa'nın hemen her yerinde büyücülük hayatın kabullenilmiş bir parçasıydı ve cadılık bir zarara yol açtığı takdirde suç sayılıyordu. *Maleficium*'un yani gizli güçlerle yapılan kötülüğün kurbanları cadıdan yasal tazminat isteyebiliyor; ancak, zarar gördüklerini kanıtlayamamaları durumunda ceza alıyor ve mahkeme masraflarını ödemek zorunda kalıyorlardı. Bu yolla dayanaksız suçlamaların önüne geçiliyordu. Cadıların öldürüldüğü çok enderdi. Cadılık ne örgütlenmiş bir din ne de dine karşı bir örgütlü direnişti. Aslında örgütlü bile değildi. Halk kültürünün bir parçasından ibaretti.

Ne var ki on dördüncü yüzyılın ortalarında cadılığa karşı yeni bir tutum kendini gösterdi. Hıristiyanlık, Kilise tarafından onaylandığı ve mucize olarak tanımlandığı sürece sihre karşı değildi. Ancak, Kilise dışında uğraşılan sihir şeytanın işi sayılıyordu. Cadılar şeytanla işbirliği içindeydiler. Sapkınları yargılamak üzere 1233 yılı civarında kurulmuş bir Roma Katolik mahkemesi olan ve özellikle Fransa'nın güneyinde faaliyet gösteren Engizisyon, yeni kurbanlar aradığından gözlerini büyücülüğe çevirdi. Avrupa'nın her tarafında potansiyel cadıların sayısı az değildi. Mahkûm edilenlerin el konulan mal ve mülklerini yerel yetkililerle paylaşan engizisyoncular için potansiyel gelir kaynakları da az değildi. Çok geçmeden cadılar kö-

tü şeyler yaptıkları için değil, güya şeytanla işbirliğine giriştikleri için mahkûm edilmeye başladılar.

Bu suç öylesine korkunç sayılıyordu ki, on beşinci yüzyılın ortalarına gelindiğinde cadıların yargılanmasında artık sıradan hukuk kuralları uygulanmıyordu. Yalnızca bir suçlama bile başlı başına kanıt sayılıyordu. İşkence, normal sayılması bir yana, yaygın olarak başvurulan bir yöntemdi; bugün garip gelse de, o zamanlar işkencesiz elde edilen bir itiraf güvenilir sayılmıyordu.

Cadılara atfedilen suçlar –grup seksi içeren ritüeller, şeytanlarla cinsel ilişki, süpürgeler üzerinde uçmak, çocukları öldürmek, bebekleri yemek– ne kadar akla mantığa aykırı olsa da, yine de bunlara körü körüne inanılıyordu. Cadılıkla suçlananların yüzde 90'ı kadınken, suçlayanlar arasında erkekler kadar kadınlar da bulunuyordu. Bu cadı avlarının kadınlara ve dişi cinselliğine karşı gizli bir paranoyaya işaret edip etmediği, hâlâ tartışılan bir konu. Nerede bir doğal afet –sel baskını, kuraklık, tarlalarda ürün kıtlığı– meydana gelse, zavallı bir kadıncağızın ya da birkaç kadının bir cadılar toplantısında şeytanlarla âlem yaptıklarını ya da yanlarında hayvan, genellikle de kedi kılığında kötü bir ruhla birlikte kırlarda uçtuklarını söyleyen tanıklardan yana sıkıntı çekilmiyordu.

Böylece cadı çılgınlığı, hem Katolik hem de Protestan ülkeleri sardı. Cadı avı paranoyasının doruk yaptığı yıllarda (1500'lü yıllardan 1650'lere kadar) bazı İsviçre köylerinde sağ kalabilmiş kadın yok gibiydi. Almanya'nın bazı bölgelerinde tüm sakinlerinin odun yığınında yakıldığı bazı küçük köyler vardı. Ancak, İngiltere ve Hollanda'da cadı çılgınlığı hiçbir zaman Avrupa'nın öteki bölgelerindeki kadar kökleşmedi. İngiliz yasalarının işkenceye izin vermemesine karşılık, cadı olduğundan şüphelenilen kadınlar su testine tabi tutuluyorlardı. Bağlanıp suya atıldıktan sonra kadın su üzerinde kalırsa, bu onun gerçekten cadı olduğunun kanıtı sayılıyor ve kadın sudan çıkarılıp usulüne uygun olarak cezalandırılıyordu – asılarak! Şüpheli batıp boğulursa, cadılık suçundan beraat etmiş sayılıyordu. Tabii bu, ailesine bir teselli sağlasa da kurban için bir anlam ifade etmiyordu.

Cadı avı dehşetinin dinmesi uzun zaman aldı. Ancak, böylesine çok sayıda insanın itham altında kalması, ekonomik refahı tehdit



Hollanda'nın çinileriyle ünlü Delft kentinden on sekizinci yüzyılın ilk yarısında yapılmış, bir cadı yargılamasını gösteren çini karo. Suyun üzerinde yalnızca bacakları görülen sağdaki sanık batıyor ve dolayısıyla suçsuz ilan edilecek. Sol tarafta suyun üzerinde duran sanık kadına Şeytan'ın elinin destek verdiği görülüyor. Böylece suçu kanıtlanmış olan kadın sudan çıkarılarak odun yığını üzerinde canlı canlı yakılacak. (Horvath Koleksiyonu'ndan, Vancouver)

ediyordu. Feodalizmin yerini yavaş yavaş Aydınlanma Çağı'na bırakmasıyla, asılma ya da yakılma tehditlerine aldırmayan yürekli erkek ve kadınların bu çılgınlığa karşı seslerini yükseltmeleriyle, Avrupa'da yüzyıllarca hüküm süren çılgınlık giderek yatıştı. Hollanda'da son kez bir cadının idamı 1610 yılında, İngiltere'de 1685 yılında oldu. İskandinavya'da idam edilen son cadılar –1699 yılında odun yığınında yakılan seksen beş yaşlı kadın– sadece küçük çocukların uçurularak cadı toplantılarına götürüldükleri iddiaları üzerine mahkûm edilmişti.

On sekizinci yüzyılda cadılık suçlamasıyla idamlar İskoçya'da 1727 yılında, Fransa'da 1745'te, Almanya'da 1775'te, İsviçre'de 1782'de ve Polonya'da 1793'te resmen sonlandırıldı. Kilise ve devletin artık cadıları idam etmemesine karşılık, kamuoyunun yargısı, yüzyıllar süren baskı ve takibin oluşturduğu korku ve tiksintiden o kadar kolay vazgeçmeye niyetli değildi. Kıyıda köşede kalmış kırsal topluluklarda eski inançlar hüküm sürmeye devam etti ve cadılık şüphesiyle birçok insan "gayriresmi" yollardan acımasız bir kaderle karşılaştı.

Cadılıkla suçlanan kadınların birçoğu aslında hastalıkları iyileştirmek ve ağrıları dindirmek için yerel bitkilerden yararlanan şifalı bitki uzmanlarıydı. İnsanlar aşk iksirleri hazırlamaları, büyü yapmaları ya da büyüleri kaldırmaları için de sık sık onlara başvuruyordu. Kullandıkları otlardan bazılarının iyileştirici özellikleri olmasının yanı sıra, okuyup üfleme ayinleri ve diğer ritüeller de sihirle ilişkilendirilmiş olmalı.

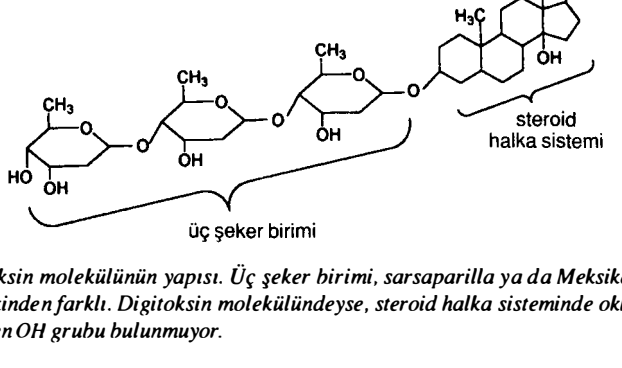
Kocakarı ilaçları kullanmak ve salık vermek, o zamanlar –şimdi de olduğu gibi– riskli bir işti. Bir bitkinin farklı bölümleri farklı düzeylerde etkin madde içerir; farklı yörelerden toplanan bitkilerin iyileştirici özellikleri farklı olabilir; yılın farklı dönemleri de yeterli bir doz için gereken bitki miktarını değiştirebilir. Bir iksirde kullanılan bitkilerden birçoğunun fazla bir yararı olmazken, başka birindekiler çok etkin iyileştirme gücüne sahip, ama aynı zamanda çok zehirli olabilir. Bu bitkilerdeki moleküller bir bitki şifacısının büyücü olarak ünlenmesini sağlayabiliyor, ancak aynı moleküllerin başarısı, sonunda bu kadınlar için ölümcül olabiliyordu. İyileştirme yetenekleri en yüksek şifacı kadınlar muhtemelen cadı damgasını ilk yiyenlerdi.

ŞİFALI BİTKİLER, ZARARLI BİTKİLER

Avrupa'nın her yerinde yaygın olan söğüt ağacından ve su rezenesinden elde edilen salisilik asit, Bayer ve Ortakları'nca 1899'da aspirinin pazarlanmaya başlamasından yüzyıllar öncesinden beri biliniyordu (bkz. 10. Bölüm). Yabani kerevizin kökü kas krampları için salık veriliyor, maydanozun düşük yaptıracağına inanılıyor, sarma-

şık astım semptomlarını gidermede kullanılıyordu. Bilimsel adı *Digitalis purpurea* olan ve halk arasında yüksükotu olarak bilinen bitkiden elde edilen *digitalis* adlı etkin madde, kardiyak (kalp) glikozitleri diye adlandırılan ve kalp üzerinde güçlü bir etki yapan birtakım moleküller içerir. Bu moleküller kalbin atış hızını yavaşlatır, kalp ritmini düzene sokar ve kalp atışlarını güçlendirir – ki bu, deneyimsiz ellerde çok tehlikeli olabilen bir etkiler karmasıdır. Bu moleküller aynı zamanda, sarsaparilla bitkisinde ve doğum kontrol hapı noretindronun sentezlendiği yabani Meksika *yam*'inde bulunanlara çok benzeyen saponinlerdir (bkz. 11. Bölüm). Kardiyak glikozitlerine bir örnek, ABD'de en yaygın olarak önerilen ilaçlardan biri olan ve geleneksel tıbba dayalı ilaçlara da iyi bir örnek oluşturan digoksin molekülüdür.

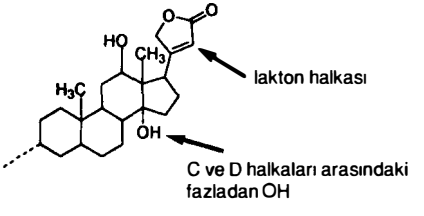
1795 yılında William Withering adlı bir İngiliz hekim, yüksükotunun iyileştirici etkisiyle ilgili rivayetleri duyduktan sonra, bu bitkinin özütünü konjestif kalp yetmezliği (kalbin vücuda yeterince kan pompalayamaması) hastalarının tedavisinde kullandı. Ancak, kimyacıların iyileşmeden sorumlu molekülleri sentezleyebilmesi bir yüzyıldan uzun zaman alacaktı. *Digitalis* özütünde digoksine çok benzeyen başka moleküller de vardır – örneğin yapı çiziminde gösterildiği gibi bir OH grubu eksik olan digitoksin. Benzer kardiyak glikozit molekülleri zambakgiller ve düğünçiçeğigiller (*Ranun-*



Digoksin molekülünün yapısı. Üç şeker birimi, sarsaparilla ya da Meksika yam' *indekinden farklı. Digitoksin molekülündeyse, steroid halka sisteminde okla gösterilen OH grubu bulunmuyor.*

culus) ailelerinden başka bitkilerde de bulunabilmesine karşılık, yüksükotu hâlâ günümüzdeki ilacın başlıca kaynağıdır. Bitki şifacıları, kalp güçlendirici bitkileri kendi bahçelerinde ya da civardaki kırlarda rahatlıkla bulabiliyorlardı. Eski Mısırlılar ve Romalılar sümbül ailesinden bir tür olan ada soğanından elde edilen bir özütü kalp güçlendirici ve (daha büyük dozlarda) fare zehiri olarak kullanıyorlardı. Bugün, bu ada soğanının da farklı bir kardiyak glikozit molekülü içerdiğini biliyoruz.

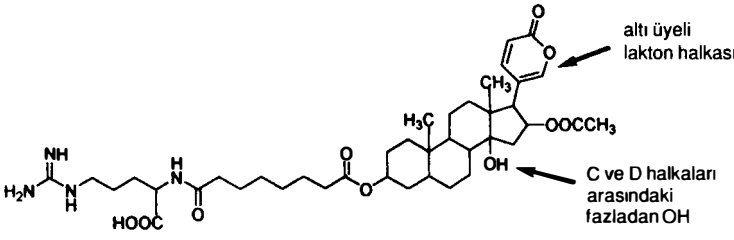
Bu moleküllerin hepsi, kalp üzerindeki etkiden sorumlu olduğu düşünülen bir yapısal özellik taşır. Hepsi, steroid sistemin sonuna eklemlenmiş beş üyeli bir lakton halkasına ve aşağıda gösterildiği gibi C ve D halkaları arasında konumlanmış fazladan bir OH'ye sahiptir.



Digoksin molekülünün kalbi etkileyen fazladan OH'nin ve lakton halkasının oklarla gösterilmiş olduğu şeker bölümü hariç yapısı. Bu lakton halkası askorbik asit (C vitamini) molekülünde de bulunur.

Kalbi etkileyen moleküller yalnızca bitkilerde bulunmaz. Hayvanlarda da yapı olarak kardiyak glikozitlerine benzeyen toksik bileşikler vardır. Bu moleküller şeker içermez; kalp güçlendirici olarak da kullanılamazlar. Spazmlara yol açan zehirlerdir ve pek bir tıbbi değer taşımazlar. Bu zehirlerin kaynağı amfibilerdir (hem suda hem de karada yaşayan canlılar). Su ve karakurbağalarından elde edilen özütler dünyanın birçok yerinde ok uçlarında zehir olarak kullanılmıştır. Bu arada karakurbağası da halk inanışlarında, kediden sonra cadılarla özdeşleştirilen en popüler hayvan olmuştur. Sözde cadılarca hazırlanmış iksirlerin birçoğunda kurbağa parçaları bulunduğu söylenegelmiştir. Avrupa'da yaygın olarak bulunan ba-

yağı karakurbağası *Bufo vulgaris*'in zehrinin aktif maddesi *bufotoksin*'dir ve bilinen en toksik moleküllerden biridir. Steroid halka sistemindeki yapısı digitoksin molekülüyle çarpıcı bir benzerlik gösterir: C ve D halkaları arasında aynı fazladan OH vardır ve tek fark olarak, beş yerine altı üyeden oluşan bir lakton halkası bulunur.



Bayağı karakurbağasından elde edilen bufotoksin molekülü, yüksükotundaki digitoksinle molekülün steroid bölümü çevresinde büyük benzerlik gösterir.

Ancak, bufotoksin kalbi sağaltan bir madde değil zehirleyen bir maddedir. Yüksükotunun kardiyak glikozitlerinden karakurbağasının zehirlerine uzanan geniş bir yelpazeyle, sözde cadıların çok sayıda etkin zehirden oluşan bir cephanelikleri vardı.

Karakurbağalarına olan düşkünlüklerinin dışında, cadılarla ilgili en kalıcı efsanelerden biri de *sabbat* toplantılarına, yani güya Hıristiyan ayinlerinin toplu seksle alaya alındığı gizli geceyarısı buluşmalarına girmek için –genellikle süpürge sopaları üzerinde– uçabiliyor olmalarıydı. Pek çok cadı bu *sabbat*'lara uçtuklarını –işkence altında– itiraf etmişti. Bunda şaşılacak pek bir şey yok; "gerçeği" ortaya çıkarmak için böylesine korkunç işkencelere tabi tutulsaydık, herhalde biz de benzer itiraflarda bulunurduk. Şaşılacak şeyse, cadılıkla suçlanan bazı kişilerin süpürgeyle *sabbat*'a uçtuklarını işkenceden *önce* itiraf etmiş olmaları. Böyle bir itirafın bu kurbanları işkenceden kurtaracağının kuşkulu olması nedeniyle, bu kadınların bacadan çıkıp süpürge sapında uçarak her türlü cinsel sapıklıkta bulunduklarına gerçekten inanmış olmaları mümkündür. Bunun da çok iyi bir kimyasal açıklaması olabilir: alkaloidler denen bir grup bileşik.

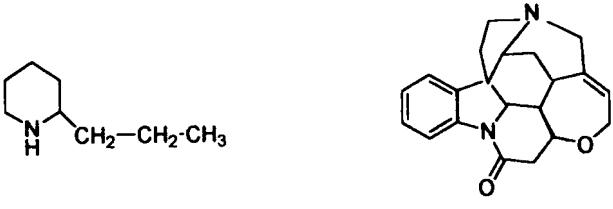
Alkaloidler, genellikle bir karbon halkası üzerinde yer alan bir ya da daha fazla nitrojen atomuna sahip bitkisel bileşiklerdir. Şimdiye kadar birkaç alkaloid molekülü görmüş bulunuyoruz: karabiberdeki piperin, acı (yeşil) biberdeki kapsaisin, indigo, penisilin ve folik asit. Alkaloidlerin insanlık tarihi üzerinde öteki kimyasal madde ailelerinden çok daha büyük bir etkisi olduğu söylenebilir. Alkaloidler genelde insanlarda fizyolojik olarak aktiftir, çoğu kez merkezi sinir sitemini etkilerler ve hayli toksiktirler. Doğada var olan bu bileşikler binlerce yıl ilaç olarak kullanılmıştır. Alkaloidlerden yapılmış türevler, ağrı kesici molekül kodein, lokal anestetik benzokain ve sıtmaya karşı kullanılan klorokin gibi birtakım modern eczacılık ürünlerinin temelini oluşturur.

Kimyasal maddelerin bitkilerin korunmasındaki rolünden de söz etmiştik. Bitkiler doğal düşmanlarını görür görmez tabana kuvvet kaçamaz ya da bir yerlere saklanamazlar; diken gibi fiziksel savunma araçları da inatçı otçullar karşısında her zaman işe yaramaz. Kimyasallarsa, pasif ama hayvanlara olduğu kadar mantar, bakteri ve virüslere karşı da çok etkili savunma araçlarıdır. Alkaloidler doğal mantar, böcek ve bit öldürücülerdir. Diyetimizdeki bitki ve bitkisel ürünler aracılığıyla her birimizin günde ortalama bir buçuk gram kadar doğal bit ve bakteri öldürücüsü aldığımız tahmin ediliyor. Sentetik tarım ilaçlarından vücutta kalan artıklarınsa günde 0,15 miligram, yani doğal dozun on binde birinden daha azı olduğu hesaplanıyor.

Küçük miktarlar söz konusu olduğunda alkaloidlerin fizyolojik etkileri insanlarca olumlu karşılanır. Birçoğu yüzyıllar boyunca tıbbi olarak kullanılmıştır. Akrekaidin, betel hurması denen ağacın *–Areca catechu–* meyvesi olan betel cevizinde bulunan bir alkaloid olup, Afrika ve Doğu'da uzun süreden beri bir tür uyarıcı olarak kullanılmaktadır. Ezilmiş betel cevizleri aynı ağacın yapraklarına sarılarak çiğnenir. Betel kullanıcıları, karakteristik özellikleri olan kararmış dişleri ve büyük miktarlarda koyu kırmızı salya tükürme alışkanlıklarıyla hemen kendilerini belli ederler. Çince adı *Ma huang*, bilimsel adı *Ephedra sinica* olan bitki, Çin bitki tıbbında binlerce yıl kullanılmıştır ve günümüzde de Batı'da tıkanıklık giderici ve (astıma karşı) bronş genişletici olarak kullanılmaktadır. B vitamini aile-

sinin tiamin (B_1), riboflavin (B_2) ve niasin (B_4) gibi üyelerinin hepsi alkaloid olarak sınıflandırılır. Yüksek tansiyon tedavisinde ve sakinleştirici olarak kullanılan rezerpin, Hindistan'da yetişen bir bitki olan yılankökünden (*Rauwolfia serpentina*) yalıtılmıştır.

Sırf zehirli olmaları bile bazı alkaloidlerin ün kazanması için yeterli olmuştur. MÖ 399 yılında Yunanlı filozof Sokrates'in ölümünden sorumlu olan baldıran otunun (*Conium maculatum*) zehirli bileşeni, koniin adlı alkaloiddir. Dinsizlik ve Atinalı gençleri yoldan çıkarmakla suçlanan Sokrates, baldıran otunun meyve ve tohumlarından yapılan bir iksiri içerek ölüme mahkûm edilmişti. Koniin tüm alkaloidler içinde en basit yapıya sahip olanlardan biridir; ama Asya'da yetişen *Strychnos nux-vomica* ağacının tohumlarındaki striknin gibi daha karmaşık yapılı alkaloidler kadar öldürücü bir zehir olabilir.



Koniin (solda) ve striknin (sağda) moleküllerinin yapıları

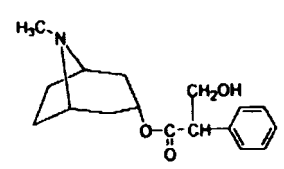
Güya uçmayı kolaylaştıran yağ ve kremlerden oluşan "uçuran merhemlere" cadılar adamotu, güzelavratotu ve banotundan elde edilen özütler katıyorlardı. Bu bitkilerin hepsi *Solanaceae* ya da itüzümü ailesindendir. Dallanmış kökü insan vücuduna benzetilen adamotu bitkisi (*Mandragora officinarum*), Akdeniz bölgesine özgüdür. Eski zamanlardan beri cinsel gücü geri getirmek için ve uyku ilacı olarak kullanılmıştır. Adamotu bitkisiyle ilgili birtakım garip efsaneler bulunur. Topraktan koparılmak istendiğinde kulak tırmalayıcı çığlıklar attığı söylenmiştir. İnanışa göre, yakında bulunan herkes hem çıkan kokunun hem de bu ürkütücü çığlığın tehdidi altındaydı. Bu özelliklerin yaygın olarak bilindiğine bir kanıt, William Shakespeare'in *Romeo ve Juliet* adlı oyununda Juliet'in "... topraktan koparılan adamotları gibi iğrenç kokular ve çığlıklarla / Öyle ki ya-

şayan ölümlüler aklını kaçırır bunları duyunca" şeklindeki sözleridir. Adamotu bitkisinin darağacı altında yetiştiği ve orada asılan mahkûmların akan menilerinden hayat bulduğu rivayet edilir.

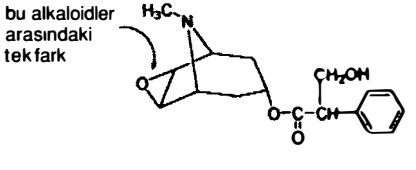
Uçuran merhemlerde kullanılan ikinci bitki güzelavratotuydu (*Atropa belladonna*). İsim, İtalyan kadınlarının bu bitkinin siyah üzüme benzer meyvelerini sıkıp gözlerine damlatma âdetinden geliyor. Bu sıvı gözbebeklerini büyüttüğü için kadınların daha güzel görünmesini sağladığı düşünülüyordu. Dolayısıyla bitkiye İtalyancada güzel kadın anlamına gelen *belladonna* adı verilmişti. Bu bitkinin ağızdan alınan daha büyük miktarlarıysa ölümü andıran bir uykuya yol açar. Bunun da çok bilinen bir özellik olması ve oyunda Juliet'in içtiği iksirin bu olması mümkündür. Shakespeare *Romeo ve Juliet*'te şöyle yazmıştı: "Nabzın eşlik etmeyeceği soğuk, uykulu bir kan/ Akacak tüm damarlarından." Ama sonunda "küçük bir ölüme benzeyen bu geçici durumda/ Kırk iki saat boyunca kaldıktan sonra/ Uyanacaksın tatlı bir uykudan uyanır gibi."

İtüzümü ailesinin üçüncü üyesi olan banotu büyük olasılıkla *Hyoscyamus niger*'di; ama cadı iksirlerinde başka türler de kullanılmış olabilir. Bunun da uyku ilacı, ağrı kesici (özellikle diş ağrıları için), uyuşturucu ve muhtemelen de zehir olarak uzun bir geçmişi vardır. Ünlü oyununda babasının ruhunu Hamlet'le konuştururken Shakespeare, zamanının sıradan bir bilgisini yansıtıyordu: "... amcan yanıma süzüldü/ Lanetli hekonanın suyuyla dolu bir şişeyle/ Ve döktü kulak deliklerime/ O cüzam gibi özü..." *Hebona* sözcüğü banotunun (*henbane*) yanı sıra porsukağacı ve abanoz ağacı olarak yorumlanmışsa da, kimyasal açıdan banotu akla daha yatkın geliyor.

Adamotu, güzelavratotu ve banotunun hepsinde birbirine çok benzer alkaloidler vardır. Başlıca ikisi olan hiyosiyamin ve hiyosin bu bitkilerin üçünde de değişen oranlarda bulunur. Hiyosiyaminin bir biçimi atropin adını taşır ve günümüzde de çok seyrek solüsyonlar halinde göz muayenelerinde gözbebeğinin büyütülmesi için kullanıldığından değer taşır. Yüksek derişimleri görüş bulanıklığı, sinirlilik ve hatta hezeyana yol açar. Atropin zehirlenmesinin ilk belirtilerinden biri vücut sıvılarının kurumasıdır. Bu özellikten yararlanılarak, aşırı tükürük ve sümüğün ameliyatı etkilemesinin önüne geçmek için atropin önerilir. Aynı zamanda skopolamin olarak da



Hiyosiyaminden elde edilen atropin



Skopolamin (hiyosin)

tanınan hiyosin ise "doğruluk serumu" olarak –muhtemelen hak etmediği– bir ün kazanmıştır. Skopolamin morfinle birlikte "alacakaranlık uykusu" olarak bilinen anestezik durumun yaratılmasında kullanılır; ancak etkisi altındaki kişinin doğruyu mu sayıkladığı yoksa anlamsızca mı sayıkladığı hususu açık değildir. Ne var ki dedektiflik romanı yazarları doğruluk serumu fikrini pek sevmişlerdir ve bu madde büyük olasılıkla aynı biçimde adlandırılmaya devam edecektir. Atropin gibi, skopolaminin de salgıları kurutucu ve mutluluk verici etkileri vardır. Küçük miktarları yolculuklar sırasında mide bulanmasını önler. Amerikalı astronotlar uzayda (ağırlıksız ortamda) ortaya çıkan mide bulantısını gidermek için skopolamin kullanırlar.

Her ne kadar garip görünse de, zehirli bir bileşik olan atropin daha da toksik bileşik grupları için panzehir olarak etki yapar. 1995 Nisanında teröristlerce Tokyo metrosunda kullanılan sarin gibi sinir gazları ve parathion gibi organofosfat böcek öldürücüler, etkilerini sinir bağlantısında sinyal ileten mesajcı molekülün –olması gerektiği gibi– ortadan kaldırılmasını engelleyerek gösterirler. Bu mesajcı molekül ortadan kalkmadığında sinir uçları sürekli olarak uyarılır; bu da çırpınmalara ve eğer kalp ya da akciğerler etkilenmişse, ölüme yol açar. Atropin bu mesajcı molekülün üretilmesini önler ve böylece, doğru dozajda uygulanması koşuluyla, sarin ve parathion için etkili bir tedavi aracı olur.

Bu iki alkoloidin –atropin ve skopolamin– ikisinin de suda kolayca çözünmediğini belli ki o zamanın Avrupalı cadıları da biliyordu. Ayrıca bu bileşikleri yutmanın, istedikleri gibi mutluluk ve çakırkeyiflik yerine ölüm getirdiğinin de farkında olmalılar. Dolayısıyla adamotu, güzelavratotu ve banotundan elde edilen özütler

katı ya da sıvı yağlarda çözündürülüp bu yağlarla birlikte deriye sürülüyordu. Deri yoluyla emilim –tıbbi adıyla transdermal iletim– günümüzde belli ilaçları almanın standart yöntemidir. Sigara bırakmaya çalışanların kullandıkları nikotin bantlarının yanı sıra bulantının giderilmesi ve bazı hormon takviyesi tedavilerinde bu yol kullanılır.

Cadıların uçuran merhemleriyle ilgili kayıtların gösterdiği gibi, bu teknik yüzyıllar önce de biliniyordu. Bugün biliyoruz ki en etkili emilim, derinin en ince olduğu ve kan damarlarının hemen derinin altında bulunduğu yerde oluyor ve dolayısıyla da ilaçların hızla vücuda alınması için vajinal ve rektal fitiller kullanılıyor. Cadılar da herhalde bu anatomik olgunun farkındaydılar ki, uçuran merhemlerin tüm vücuda ya da koltukaltlarıyla (kayıtlarda müstehcenlikten kaçınma adına yazıldığı gibi) "diğer kıllı yerlere" sürüldüğü söyleniyordu. Bazı kayıtlarda cadıların hazırladıkları yağları süpürgelerin uzun saplarına sürüp sonra bacaklarının arasına alıp üzerine otururak atropin ve skopolamin içeren karışımı genital dokulara sürttükleri yazılıdır. Gerek bu anlatımlardaki, gerekse süpürge sopalarına binmiş çıplak ya da yarı çıplak cadıları kendilerini yağlarken ve kazanlar çevresinde dans ederken gösteren eski gravürlerdeki cinsel imalar açıktır.

Bunların kimyasal açıklaması, tabii ki bu cadı zanlılarının süpürgelere binip *sabbat* toplantılarına uçtukları olmayacaktır. Uçuşlar hayal mahsulü, sanrıya yol açan alkaloidlerin neden olduğu yanılsamalardı. Günümüzde skopolamin ve atropin kaynaklı sanrılarla ilgili olarak anlatılanlar, cadıların geceyarısı serüvenlerine şaşılacak derecede benziyor: uçma ya da düşme duygusu, eğri büğrü görüş, genel bir mutluluk duygusu, isteri, kendi vücudundan ayrılma hissi, çevredeki her şeyin dönmesi ve birtakım hayvanlarla karşılaşma. Sürecin son aşamasıysa derin, neredeyse komayı andıran bir uyku.

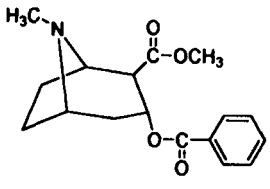
Büyücülük ve batıl inançlarla iç içe geçmiş bir dönemde, uçuran merhemleri kullananların geceleri gökte uçup çılgın danslara ve daha da çılgın âlemlere katıldıklarına nasıl olup da gerçekten inandıklarını anlamak zor değil. Atropin ve skopolaminin yol açtığı sanrıların özellikle canlı olduğu, çeşitli raporlarda belirtilmiştir. Bir cadının da, kullandığı uçuran merhemlerin etkilerinin yalnızca zihninde olduğuna inanması için bir neden yoktu. Ve bu fevkalade sırrın nasıl

kulaktan kulağa iletildiğini hayal etmek de pek zor değil. O sıralar kadınlar için hayat çok zordu. Günlük işler hiç bitmiyordu; hastalık ve sefaletten geçilmiyordu ve bir kadının kendi kaderini belirlemesi duyulmuş şey değildi. Birkaç saatlik bir özgürlük, cinsel fantazilerin ortaya dökületeceği bir toplantıya katılmak için göklerde süzülmek, sonunda da kendi yatağında güven içinde uyanmak herhalde çok çekici olmalıydı. Ne yazık ki, atropin ve skopolamin molekülleri sayesinde gerçeklerden bu geçici kaçış çoğu kez ölümcül oluyor ve bu hayal ürünü geceyarısı kaçamaklarını itiraf eden cadılık zanlısı kadınlar odun yığınında yakılıyorlardı.

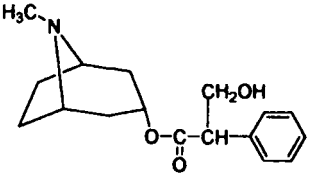
Adamotu, güzelavratotu ve banotunun yanı sıra, uçuran merhemlere başka bitkiler de katılıyordu: Kayıtlara göre yüksükotu, maydanoz, kurtboğan, baldıran ve şeytanelması da kullanılan bitkiler arasındaydı. Kurtboğan ve baldıranda toksik alkaloidler, yüksükotunda toksik glikozitler, maydanozda sanrılara yol açan miristisin, şeytanelmasında (meyvesinin üzeri atkestanesi gibi diken benzeri uzantılarla kaplı bir bitki) atropin ve skopolamin bulunur. Şeytanelması, *Datura* cinsinden bir bitkidir. Tatula, patlıcan çiçeği diye de bilinen melek borazanı, boru çiçeği ve osuruk çiçeği bu cinse ait bitkilerden bazılarıdır. Şimdi dünyanın ılıman bölgelerine yayılmış olan *Datura* cinsinden bitkiler, Avrupa'da cadılar için, Asya ile Kuzey ve Güney Amerika'daysa gruba, klana kabul ritüelleri ve başka birtakım törenler için alkaloid sağlıyordu. Bu ülkelerde *Datura* kullanımıyla ilgili olarak anlatılanlar, cadı uçuşlarının da tipik bir özelliği olan hayvanlarla ilgili sanrıları içerir. Asya ve Afrika'nın bazı bölgelerinde çubukla tüttürülen karışımlara *Datura* tohumları katılır. Maddenin akciğerler yoluyla kan dolaşım sistemine alınması –daha sonra Avrupa'da tütün içenlerin on altıncı yüzyılda keşfedecekleri gibi– bir alkaloid ile "kafa yapmanın" çok hızlı bir yoludur. Bugün bile *Datura* çiçeklerini, yaprak ve tohumlarını kullanarak keyif arayanlar arasında atropin zehirlenmeleri görülmektedir.

İtüzümü ailesinden bazı bitkiler, Kolomb'un yolculuklarının ardından Yeni Dünya'dan Avrupa'ya taşındı. Alkaloid içeren bazıları –tütün (*Nicotiana*) ve acı biberler (*Capsicum*)– hemen kabul görürken, bu ailenin öteki üyeleri –patates ve domates– ilk başta büyük şüpheyle karşılandı.

Güney Amerika'nın bazı bölgelerinde yetişen ve bilimsel adı *Erythoxylon* olan koka ağacının birçok türünde kimyasal olarak atropinle benzeşen başka bazı alkaloidler bulunur. Koka ağacının itüzümü ailesinden olmaması garip bir durumdur, çünkü birbiriyle benzeşen kimyasallar normal olarak akraba türlerde bulunur. Ancak, bitkiler geçmişte biçimsel özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Şimdiyse kimyasal bileşenleri ve DNA kanıtlarına göre sınıflandırmalar yeniden gözden geçirilmekte.



Kokain



Atropin

Koka ağacındaki başlıca alkaloid kokaindir. Peru, Ekvador ve Bolivya'nın yaylalarında koka yaprakları yüzyıllardır uyarıcı olarak kullanılagelmiştir. Yapraklar bir kireç kaymağı alaşımıyla karıştırılarak dişetiyle yanak arasına sıkıştırılır ve burada ağır ağır salgılanan alkaloidler yorgunluk, açlık ve susuzluğu bastırır. Bu yolla vücuda emilen kokain miktarının yarım gramdan daha az olduğu ve bağımlılık yapacak düzeyin altında kaldığı düşünülüyor. Koka alkaloidi kullanmanın bu geleneksel yöntemi, kahve ve çayımızla kafein alkaloidi almamızı andırıyor. Ancak özüt olarak çıkarılıp saflaştırılan kokain tümüyle farklı bir şey.

1880'lerde yalıtılan kokaine mucize ilaç gözüyle bakılıyordu. Şaşılası güçte lokal anestezik etkileri vardı. Psikiyatr Sigmund Freud kokaini her derde deva bir ilaç olarak görüyor ve uyarıcı özellikleri nedeniyle öneriyordu. Ayrıca kokaini morfin bağımlılığının tedavisinde de kullanıyordu. Ancak, sonradan kokainin kendisinin de bilinen öteki uyuşturucular gibi fazlasıyla bağımlılık yapıcı olduğu anlaşıldı. Kokain hızlı ve son derece güçlü bir ferahlık ve mutluluk duygusu verir; ardından gelen aynı şiddette depresyonsa kullanıcıyı yeni bir mutluluk doruğu için kıvrandırmaya başlar. Kokain bağım-

lılığının insan sağlığı ve çağdaş toplum üzerindeki kötü sonuçları biliniyor. Bununla birlikte kokainin yapısı, deri üstü ve lokal anestezi ler olarak geliştirilen son derece yararlı moleküllere temel oluşturmakta. Benzokain, novokain ve lidokain, sinirsel uyarıların iletimini engelleyerek kokainin ağrı giderici etkisini taklit ederken, kokainin sinir sitemini uyaran ve kalp ritmini bozan etkilerini göstermez. Birçoğumuz dişçi koltuğunda ya da hastanelerin acil servislerinde bu bileşiklerin uyuşturucu etkisini şükranla karşılamışızdır.

ERGOT ALKALOİDLERİ

Oldukça farklı yapıda bir başka alkaloid grubu, dolaylı yoldan da olsa Avrupa'da binlerce cadı yakılışından sorumlu olabilir. Ancak, bu bileşikler sanrılara yol açan merhemlerde kullanılmıyordu. Bu gruptan bazı alkaloidlerin etkileri öylesine yıkıcı oluyordu ki, korkunç acılara maruz kalan topluluklar felaketin yerel cadılarca yapılmış bir büyüden kaynaklandığını varsayıyorlardı. Bu alkaloid grubu, çeşitli tahılların tanelerine, özellikle de çavdara bulaşan ergot (çavdar mahmuzu) zararlısı *Clavices purpurea* adlı mantarda bulunur. Ergotizm de denen ergot zehirlenmesi, oldukça yakın zamanlara kadar bakteri ve virüslerden sonra en büyük mikrobik öldürücüydü. Bu alkaloidlerden ergotamin kan damarlarının büzüşmesine, ergonovin insanlarla büyük ve küçükbaş hayvanlarda düşüklere, daha başkalarıysa sinirsel bozukluklara yol açar. Ergotizmin belirtileri –farklı ergot alkaloidlerinin miktarlarına bağlı olarak değişmekle birlikte– çırpınmalar, kasılmalar, ishal, ilgisizlik, delice davranışlar, sanrılar, kol ve bacakların çarpılması, kusma, seyirme, deride karıncalanma duygusu, el ve ayaklarda hissizlik ve sonunda azalan kan dolaşımı nedeniyle kangrenin başlamasıyla dayanılmaz raddelere gelen bir yanma hissidir. Ortaçağda bu hastalığa kutsal ateş, Aziz Anthony ateşi, büyü ateşi ve Aziz Vitus dansı gibi çeşitli adlar verilmişti. Ateş denmesinin nedeni, kangren ilerledikçe artan yakıcı acı ve kol ve bacakların siyahlaşmasıydı. Çoğu zaman eller, ayaklar ya da cinsel organlar yitiriliyordu. Ateş, enfeksiyon ve sara nöbetlerine karşı özel güçleri olduğuna inanıldığından, ergotizmden kurtulmak için başvurulan kutsal kişi Aziz Anthony idi. Aziz Vitus "dansı" ise,

ergot alkaloidlerinin bazılarının yol açtığı seyirme ve çırpınmalarının esin verdiği bir addı.

Köy ya da kasaba halkının önemli bir bölümünün ergotizme yakalanmasının yol açtığı durumu göz önüne getirmek o kadar zor olmasa gerek. Hasattan önce yağışlı bir dönem yaşandığında çavdar üzerinde mantar üremesi kolaylaşır; ürünün uygun olmayan yerlerde rutubetli koşullarda depolanması, mantarlaşmayı daha da artırır. Unda çok küçük yüzdelerde ergot bulunması bile ergot zehirlenmesi için yeterlidir. Halk içinde bu korkunç belirtileri sergileyenlerin sayısı kabardıkça, insanlar felaketin niye kendi toplumlarını seçtiğini sorgulamaya başlamış olabilir – özellikle de komşu yerleşimlerin hiçbirinde hastalık belirtisi olmadığında. Köylerine büyü yapıldığı fikri insanlara inandırıcı gelmiş olabilir. Birçok doğal afette olduğu gibi, böyle durumlarda da çoğu kez kabahat yaşlıca, çocuk doğurma yeteneğini yitirmiş, ailesinden de destek görmeyen masum bir kadıncağızda bulunuyordu. Böyle kadınlar genelde toplumun dış kesimlerinde yaşıyor ve büyük olasılıkla değirmenciden un alacak kadar bile paraları olmadığından yararlı otlar konusundaki bilgileriyle yaşama tutunabiliyorlardı. Yoksulluğun bu kertesi böyle kadınları ergottan kurtarabiliyorsa da, ne acıdır ki, ergot zehirlerinin dokunamadığı belki de yegâne kişiler olmaları onları büyücülük suçlamalarına karşı daha savunmasız hale getiriyordu.

Ergotizm çok eskiden beri biliniyordu. MÖ 600 yıllarına ait bazı Asur kayıtlarında tahılların taneciklerinde pis kokulu bir kabarcıktan söz edilmesi, nedeninin o zamandan bilindiğini gösteriyor olabilir. "Kötü kokulu otlar"daki ergot alkaloidlerinin sığırlarda düşüklere yol açabildiği, İran'da MÖ 400 yıllarında kaydedilmişti. Avrupa'daysa, sorunun tahıl tanecikleri üzerindeki mantar ya da küften kaynaklandığı bilgisi –daha önce var olduysa bile– ortaçağda unutulmuş görünüyor. Rutubetli kışlar ve uygunsuz depolama yüzünden mantar ve küf oluşumu had safhadaydı. Baş gösteren kıtlık tehlikesi karşısında, zararlının bulaştığı tahıl atılacak yerde büyük olasılıkla tüketiliyordu.

Avrupa'da ergotizmin kayıtlı olarak ilk ortaya çıkışı MS 857 yılında Almanya'nın Ren vadisinde oldu. Fransa'da da 994 yılında kırk bin kişinin ve 1129 yılında on iki bin kişinin kayıtlara geçmiş

ölümü şimdi ergotizme bağlanıyor. Kitlesel vakalar döngüler halinde yüzyıllar boyu sürerek yirminci yüzyıla kadar geldi. Rusya'da Ural Dağları yakınlarında bir bölgede 1926-27 yıllarında on bir binden fazla insan ergotizme yakalandı. 1927 yılında İngiltere'de de iki yüz vaka rapor edildi. 1951'de Fransa'nın Provence bölgesinde, iddialara göre çiftçinin, değirmencinin ve fırıncının bilgisi dahilinde ergot bulaşmış çavdarın değirmende öğütüldükten sonra bir fırına satılması üzerine dört kişi yaşamını yitirdi ve yüzlerce kişi ergotizme yakalandı.

Tarihte ergot alkaloidlerinin rol oynadığı iddia edilen en az dört olay vardır. MS birinci yüzyılda Gal bölgesinde* çıktığı seferde Jül Sezar'ın lejyonları arasında patlak veren bir ergotizm salgını askerlere büyük acılar getirmiş, ordunun etkinliğinin azalmasına yol açmış ve büyük olasılıkla Sezar'ın Roma İmparatorluğu'nu genişletme hevesini törpülemişti. 1722 yazında Rus Çarı Büyük Petro'nun Kazak süvarileri, Volga Nehri'nin Hazar Denizi'ne döküldüğü Astrakhan'da kamp kurdu, hem askerler hem de atları hastalıklı çavdardan yedi. İddiaya göre patlak veren ergotizm yirmi bin askerin ölümüne yol açtı ve Çar'ın ordusunu öylesine zayıflattı ki, Türklere karşı planladığı seferden vazgeçmek zorunda kaldı. Böylece Rusya'nın Karadeniz kıyısında bir güney limanına kavuşma hedefi, ergot alkaloidleri tarafından engellenmiş oldu.

Fransa'da 1789 Temmuzunda binlerce köylü, zengin toprak sahiplerine karşı ayaklandı. *La Grande Peur* (Büyük Korku) olarak tarihe geçen bu olayın Fransız İhtilali'yle ilintili toplumsal çalkantıların ötesinde bir şey olduğuna dair kanıtlar bulunuyor. Kayıtlar, yakıp yıkma hezeyanını köylü toplumunda baş gösteren bir nevi cinnete bağlıyor ve "kötü unu" olası bir neden olarak gösteriyor. Fransa'nın kuzeyinde 1789 ilkbahar ve yazı fazlasıyla yağışlı ve sıcak geçmişti ki, bunlar ergot mantarının ortaya çıkıp gelişmesi için ideal koşullardı. Çaresizlikten küflü ekmek yemek zorunda olan yoksullar arasında çok daha yaygın olan ergotizm, Fransız İhtilali'nde önemli bir faktör müydü? Ergotizmin, 1812 sonbaharında Rusya

* Ren Nehri'nin batısında, bugünkü Fransa, Lüksemburg ve Belçika ile İsviçre'nin büyük bölümünü, kuzey İtalya ve Almanya ile Hollanda'nın bazı bölümlerini kapsayan bölge. –*ç.n.*

ovalarındaki ilerleyişi sırasında Napolyon'un ordusunda da yaygın olduğu kaydedilmişti. Dolayısıyla bu hastalık, Moskova'dan geri çekiliş sırasında Büyük Ordu'nun çöküşünde rol oynamış olabilir.

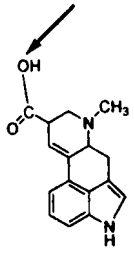
Bazı uzmanlar, 1692 yılında ABD'nin Massachussetts eyaletindeki Salem köyünde, genelde kadınlar olmak üzere 250 kişinin cadılıkla suçlanmasından ergot zehirlenmesinin sorumlu olduğu sonucuna varmışlardır. Kanıtlar gerçekten de işin içinde ergot alkaloidlerinin bulunduğuna işaret ediyor. On yedinci yüzyılın sonlarına doğru bölgede çavdar ekiliyordu; kayıtlar 1691 yılının ilkbahar ve yazında sıcak ve yağışlı havanın hüküm sürdüğünü gösteriyor; dahası Salem köyü su basmış otlaklara yakın bir yerde bulunuyordu. Tüm bu olgular, köyde un için öğütülen tahılın mantarlarca istila edilmiş olabileceğine işaret ediyor. Kurbanların sergilediği belirtiler ergotizmle, özellikle de konvülsif (çırpınmalı) ergotizmle örtüşüyordu: ishal, kusma, çırpınışlar, sanrılar, havaleler, abuk sabuk sayıklamalar, kol ve bacaklarda garip kasılmalar, karıncalanma hissi ve duyularda büyük ölçekli bozukluklar.

En azından başlangıcında, ergotizmin Salem cadı avlarının tetikçisi olabileceği anlaşılıyor. Büyülenmiş oldukları iddiasındaki otuz kişinin neredeyse tamamı genç kız ve kadınlardan oluşuyordu ki, gençlerin ergot alkaloidlerinin etkilerine daha karşı daha savunmasız oldukları bilinir. Yine de, sözümona cadıların yargılanmaları ve çoğunlukla toplum dışına itilmiş insanların giderek artan suçlamalara maruz kalması gibi gelişmeler, daha çok isteri ya da düpedüz kötülüğün rolünün daha baskın olduğunu gösteriyor.

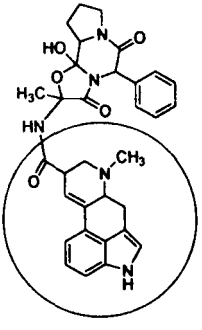
Ergot zehirlenmesinin belirtileri bir ortaya çıkıp bir kaybolmaz. Tüm yargılamalardaki ortak bir olgu –kurbanların suçlanan cadıyla karşı karşıya geldiklerinde sergiledikleri çırpınma nöbetleri– ergotizmle tutarlı değil. Kuşkusuz, üzerlerindeki ilginin tadını çıkaran ve aniden sahip oldukları gücün farkına varan sözde kurbanlar, tanıdıkları komşularının yanı sıra, toplum içinden adlarını bile duymadıkları insanları itham ediyorlardı. Salem cadı avlarının gerçek kurbanlarının –asılan on dokuz kişi ve bir taş yığını altında ezilerek can veren biri, ağır işkencelerden sonra hapse mahkûm edilenler, yıkılan aileler– çektikleri acılar bir bakıma ergot moleküllerine bağlanabilir; ancak, nihai sorumluluk insan zaafına yüklenmeli.

Tıpkı kokain gibi ergot alkaloidleri de toksik ve tehlikeli olmalarına karşın ilaç olarak uzun bir kullanım tarihine sahiptir. Ergot türevleri bugün bile tıpta rol oynuyor. Yüzyıllar boyunca bitki şifacıları, ebeler ve hekimler ergot özütlerini doğumu hızlandırmak ya da düşük yaptırmak için kullandılar. Günümüzde alkaloidler ya da bu bileşiklerin kimyasal işlemlerle üzerlerinde değişiklik yapılmış türevleri, migrene ve doğum sonrası kanamalara karşı damar büzücü ve doğum sırasında uterusun genişleme ve büzülmeleri için tetikleyici olarak kullanılıyor.

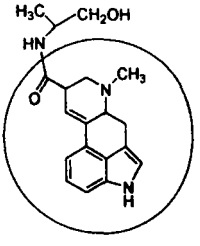
Ergot alkaloidleri ortak bir kimyasal özelliğe sahiptir: Hepsi de liserjik asit diye bilinen bir bileşiğin türevleridir. Liserjik asidin (aşağıda ok ile gösterilen) OH grubu, (şiddetli migren ağrılarında kullanılan) ergotamin molekülünde ve (doğum sonrası kanamalarda kullanılan) ergovin molekülünde yerini daha büyük yan gruplara bırakır. Aşağıdaki çizimde bu iki moleküldeki liserjik asit bölümü daire içinde gösterilmiştir.



Liserjik asit

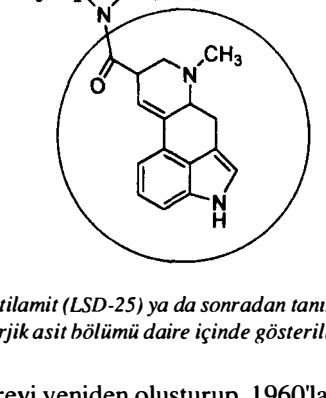


Ergotamin



Ergovin

İsviçre'nin Basel kentindeki Sandoz ilaç firmasının kimyacılarından olan Albert Hofmann 1938 yılında liserjik asidin bir türevini üretti. Hofmann daha önce de –bazıları işe yarayan– bir dizi sentetik türev hazırlamıştı. Bu, yapmış olduğu yirmi beşinci türevdi ve bu nedenle liserjik asit dietilamide, günümüzde yalnızca LSD diye bilinen LSD-25 adını koydu. LSD'nin özellikleri hakkında olağanüstü bir şey fark edilmemişti.



Liserjik asit dietilamit (LSD-25) ya da sonradan tanınacağı adla LSD. Liserjik asit bölümü daire içinde gösterilmiştir.

Hofmann'ın bu türevi yeniden oluşturup, 1960'larda "asit tribi" diye anılacak deneyimi kazara yaşaması 1943 yılını buldu. LSD deriden emilemez; dolayısıyla Hofmann büyük olasılıkla parmaklarındaki LSD'yi diline değdirmiş olmalı. Çok küçük bir miktar bile, "kaleydoskoptaki gibi sürekli değişen bir renk cümbüşü içinde fantastik resimlerin ve olağanüstü şekillerin kesintisiz akışı" diye anlatacağı deneyimi tetiklemeye yetmişti.

Hofmann halüsinasyonları ortaya çıkaranın bu bileşik olduğu yolundaki varsayımını sınamak için bilerek LSD almaya karar verdi. Ergotamin gibi liserjik asit türevleri için tıbbi dozaj en az birkaç miligramdır. Hofmann ise –herhalde ihtiyatlı davrandığını düşünerek– bir miligramın dörtte birini yuttu ki, bugün artık bu miktarın bile halüsinasyon oluşturan etkiler için gerekenin beş katı olduğunu biliyoruz. LSD bir halüsinojen olarak, Teksas ve Meksika'nın kuzeyinde yetişen Peyote kaktüsünde bulunan ve yüzyıllar boyunca Amerikalı yerlilerin dinsel törenlerinde kullandıkları doğal meskalinden on bin kat daha etkilidir. Hızla başı dönmeye başlayan Hofmann, yardımcısından Basel sokaklarından evine bisikletle giderken kendisine eşlik etmesini istedi. İzleyen birkaç saat süresince daha sonra kullanıcıların "kötü trip" diye adlandıracakları deneyimlerin tümünü yaşadı. Gördüğü halüsinasyonların yanı sıra paranoid oldu, yoğun bir hareketlilik ile felç hisleri arasında gidip geldi, ağzından anlaşılmaz abuk subuk laflar döküldü, boğulma korkusu ya-

şadı, kendi vücudundan ayrıldığını hissetti ve sesleri görüntülü olarak algıladı. Hatta bir noktada kalıcı bir beyin hasarına uğramış olabileceğini bile düşündü. Belirtiler giderek azaldı, ama görüşündeki bozukluklar bir süre daha devam etti. Hofmann bu deneyimin ertesi günü kendini tümüyle normal hissederek, olup biten her şeyi hatırlayarak ve görünürde hiçbir yan etki olmadan uyandı.

1947 yılında Sandoz şirketi LSD'yi, başta alkolik şizofreninin tedavisi için olmak üzere bir psikoterapi aracı olarak pazarlamaya başladı. 1960'larda LSD dünyanın her yerinde gençler için popüler bir madde haline geldi. Bir psikolog ve bir dönem Harvard Üniversitesi Kişilik Araştırmaları Merkezi üyesi olan Timothy Leary, LSD'yi manevi ve yaratıcı tatminin yolu ve yirmi birinci yüzyılın dini olarak tanıttı. Binlerce kişi onun (kendinizi yeni deneyimlere açın, dünyayla uyumlanın, geleneksel rol ve rutinleri terk edip bireyleşin anlamına gelen) "*turn on, tune in, drop out*" sloganıyla özetlediği tavsiyesine uydu. Yirminci yüzyılda insanların bir alkaloid yardımıyla günlük yaşamdan bu şekilde kaçması, birkaç yüzyıl önce cadılıkla suçlanan kadınların deneyimlediklerinden çok farklı mıydı? Aralarında yüzyıllar olmasına rağmen, her iki dönemdeki saykodelik deneyimler de olumsuz sonuçlar verebiliyordu. 1960'ların çiçek çocuklarında alkaloid türevi LSD eski anıların canlanmasına, kalıcı psikolojik bozukluklara (psikoz) ve hatta uç durumlarda intiharlara yol açıyordu. Avrupa'nın cadılarındaysa uçuran merhemlerdeki atropin ve skopolamini vücutlarına almak, onları cadılar toplantısı yerine odun yığınına götürebiliyordu.

Atropin ve ergot alkaloidleri cadılığı yaratmadı. Bununla birlikte etkileri, genelde toplumun en yoksul ve en savunmasızları başta olmak üzere çok sayıda masum kadın aleyhinde kanıt olarak yorumlandı. Suçlayanlar cadıların kullandıkları farklı kimyasallara uygun kanıtlar ortaya atıyorlardı: "Cadı olmalı; uçabildiğini söylüyor" ya da "Suçlu olmalı; tüm köy büyü altında." Kadınların dört yüzyıl boyunca cadı olarak eza görmelerine izin veren tutumlar, yakmalar sona erdiğinde birdenbire değişmedi. Bu alkaloid moleküller kadınlara karşı kuşaklar boyunca süren –ve toplumumuzda hâlâ devam ediyor olabilecek– önyargı geleneğine katkıda bulunmuş olabilir mi?

Ortaçağ Avrupasında baskı altında tutulan kadınlar –tıpkı dünyanın başka yerlerindeki yerlilerin yaptığı gibi– tıbbi bitkiler hakkındaki önemli bilgileri hayatta tuttular. Bu şifalı bitki gelenekleri olmadan, günümüzün çok geniş bir yelpazeye sahip ilaç ve eczacılık ürünlerini geliştirmemiz mümkün olmayabilirdi. Artık bitkiler âleminden elde edilen etkili şifa araçlarına değer veren kişileri idam etmiyoruz, ama onların yerine bitkileri yok ediyoruz. Dünyanın tropikal ormanlarının günümüzde her yıl neredeyse iki milyon hektarının yok olması, bizleri çeşitli rahatsızlık ve hastalıkların tedavisinde daha da etkili olabilecek başka alkaloidlerin keşfinden mahrum bırakabilir.

Her geçen gün yok olmaya giderek daha çok yaklaşan tropikal bitkilerde, tümörlere karşı kullanılabilecek özellikler taşıyan, HIV'e karşı etkili ya da şizofreni, Alzheimer veya Parkinson hastalıklarına karşı mucize ilaçlar olabilecek moleküllerin var olup olmadıklarını belki de hiç bilemeyeceğiz. Oysa moleküler açıdan geçmişin geleneksel tıbbı gelecekte hayatta kalabilmemizin anahtarı olabilir.

13

MORFİN, NİKOTİN VE KAFEİN

İNSANLARIN KENDİLERİNİ iyi hissetmelerini sağlayan şeyleri arzu etme eğilimi göz önünde tutulduğunda, üç farklı alkaloid molekülünün –haşhaştan elde edilen morfin, tütündeki nikotin ile çay, kahve ve kakaodaki kafein– binlerce yıldır aranıp el üstünde tutulmasında şaşılacak bir şey yok. Ne var ki bu moleküller, insanlığa sağladıkları her yarara karşılık birtakım tehlikeleri de birlikte getirdiler. Bağımlılık yapan özelliklerine karşın, ya da belki bu özellikler sayesinde, birçok farklı toplumu pek çok farklı biçimde etkilediler. Ve her üçü de beklenmedik bir şekilde tarihteki bir kavşak noktasında bir araya geldi.

AFYON SAVAŞLARI

Şimdilerde genel olarak Burma (ya da yeni adıyla Myanmar), Laos ve Tayland'ın sınırlarının kesiştiği "Altın Üçgen" diye tanınan yerle ilintilendirilse de, aslında haşhaş ya da bilimsel adıyla *Papaver somniferum*'un anayurdu Doğu Akdeniz bölgesidir. Haşhaş ürünlerinin toplanması ve bunlara verilen değer tarih öncesine kadar uzanır. Kanıtlar beş bin yıldan daha uzun bir süre önce, genelde ilk insan uygarlığının ortaya çıktığı yer olarak görülen Fırat Nehri deltasında haşhaşın özelliklerinin bilindiğini gösteriyor. En az üç bin yıl önce afyon kullanıldığına işaret eden arkeolojik kalıntılar Kıbrıs'ta da ortaya çıkarılmış bulunuyor. Afyon, Yunanlıların, Fenikelilerin,

Minoslulaların, Mısırlıların, Babillilerin ve antik dünyanın öteki uygarlıklarının şifalı bitkiler listelerinde ve iyileştirme araçları arasında yer almaktaydı. Afyonun MÖ 330 yılı civarında Büyük İskender tarafından İran ve Hindistan'a götürüldüğü ve haşhaş ekiminin oradan da ağır ağır doğuya doğru ilerleyip yedinci yüzyıl sıralarında Çin'e ulaştığı söylenir.

Yüzyıllar boyunca afyon ya acı bir içecek ya da yuvarlanmış bir kapsül olarak yutulan bir şifalı bitki olarak kaldı. On sekizinci, özellikle de on dokuzuncu yüzyıllara gelindiğinde, Avrupa ve ABD'de sanatçılar, yazarlar ve şairler, afyonu yaratıcılığı artırdığı düşünülen rüya benzeri bir zihinsel duruma erişmek için kullanıyorlardı. Alkol kadar pahalı olmadığından, afyon yoksullar için ucuz bir keyif verici olarak da kullanım bulmuştu. O yıllarda, farkına varılsa bile alışkanlık yapma özellikleri bir sorun olarak görülmüyordu. Kullanımı öylesine yaygındı ki, yeni doğmuş ya da diş çıkartan bebeklere bile sakinleştirici şurup ya da likör diye reklamı yapılan ve yüzde 10'a kadar morfin içerebilen afyon preparatları içiriliyordu. Laudanum adını taşıyan ve genelde kadınlara tavsiye edilen alkolle karışık bir afyon solüsyonu yaygın olarak tüketiliyor ve herhangi bir eczaneden reçetesiz alınabiliyordu. Yirminci yüzyılın başlarında yasaklanıncaya kadar Laudanum, afyon kullanımının toplumca kabul edilen bir biçimiydi.

Çin'de afyon yüzyıllardır saygın bir tıp bitkisi olarak kullanılıyordu. Ancak, ülkeye yeni bir alkaloid içerikli bitkinin yani tütünün girişi, Çin toplumunda afyonun rolünü değiştirdi. Kristof Kolomb ikinci seferinin sonunda, 1496 yılında tütünü Yeni Dünya'dan getirinceye kadar Avrupa'da tütün içimi bilinmezdi. Gelgelelim, tütün kullanımı Avrupa'dan sonra, bulundurulması ve sınırlardan içeri sokulmasına karşı getirilen ağır cezalara rağmen birçok Asya ve Ortadoğu ülkesinde de hızla yayıldı. Çin'de on yedinci yüzyılın ortasında Ming hanedanının son imparatoru tütün içilmesini yasakladı. Bazı raporlarda belirtilmiş olduğu gibi, Çinliler yasaklanan tütünün yerine afyon içmeye başlamış olabilirler. Başka tarihçiler ise, Doğu Çin Denizi'ndeki Formoza (şimdi Tayvan) ve Amoy'daki küçük ticaret merkezlerindeki Portekizlilerin Çinli tacirlere afyonla tütünü karıştırma fikrini aşıladıkları görüşündeler.

Ciğerlere çekilen dumanla doğrudan kan dolaşım sistemine alındıklarında, morfin ve nikotin gibi alkaloidlerin etkisi olağanüstü hızlı ve yoğundur. Bu şekilde alındığında afyon hızla bağımlılık yapar. On sekizinci yüzyılın başına gelindiğinde afyon içimi Çin'de yaygınlaşmıştı. 1729 yılında bir imparatorluk fermanıyla Çin'de afyon içimi ve ithalatı yasaklandı; ama artık herhalde çok geçti. Bir afyon içimi kültürü ve çok geniş bir afyon dağıtım ve pazarlama ağı oluşmuştu.

Üçüncü alkaloidimiz olan kafein de işte burada hikâyemize katılıyor. Avrupalı tacirler önceleri Çin'le ticaretten pek hoşnut değildi. Çin'in Batı'dan, hele de Hollandalı, İngiliz, Fransız ve öteki Avrupalı ticaret ülkelerinin satmaya çalıştığı mamul maddeler arasından almak istediği pek az şey vardı. Buna karşılık, Avrupa'da başta çay olmak üzere Çin ihraç mallarına talep vardı. Büyük olasılıkla kafein –çayda bulunan ve düşük derecelerde bağımlılık yapan alkaloid molekülü– Çin'de antik çağlardan beri yetiştirilmekte olan çalının kuru yapraklarına karşı Avrupa'da doymak bilmez bir iştah uyandırmıştı.

Çinliler çaylarını satmakta gönülsüz davranmıyor, ama ödemenin gümüş para ya da külçelerle yapılmasını istiyorlardı. İngilizler içinse, çayı kıymetli gümüşle satın almak ticaret tanımlarına uymuyordu. Fakat kısa sürede anlaşıldı ki, yasal olmasa da Çinlilerin istediği ama kendilerinde bulunmayan bir meta vardı. Böylece İngiltere afyon işine girdi. İngiltere'nin ele geçirmiş olduğu Hindistan'ın Bengal eyaleti ile başka bazı bölgelerinde, İngiliz Doğu Hindistan Şirketi'nin acentelerince yetiştirilen afyon bağımsız tacirlere satılıyordu. Onlar da çoğu kez rüşvetle satın alınmış Çin yetkililerinin himayesinde afyonu Çinli ithalatçılara satıyorlardı. 1839 yılında Çin hükümeti yasadışı olmasına karşın giderek artan bu ticarete son vermek istedi. Kanton (şimdi Guangzhou) kentindeki depolarla limanda boşaltılmayı bekleyen İngiliz gemilerinde bulunan bir yıllık afyon stoğuna el koyarak tamamını imha etti. Hemen birkaç gün sonra bir grup sarhoş İngiliz denizcinin yerli bir çiftçiyi öldürmekle suçlanması, İngilizlere Çin'e savaş açmak için aradıkları bahaneyi sağladı. Şimdi Birinci Afyon Savaşı (1839-1942) diye adlandırılan savaşta İngilizlerin galibiyeti, iki ülke arasındaki ticaret dengesini

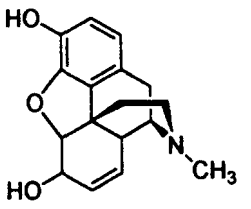
değiştirdi. Çin çok ağır bir savaş tazminatı ödemek, ülkenin beş limanını İngiliz ticaretine açmak ve Hong Kong'u bir imparatorluk kolonisi olarak İngiltere'ye bırakmak zorunda kaldı.

Yaklaşık yirmi yıl sonra İkinci Afyon Savaşı'nda, bu kez İngilizlerle birlikte Fransızlara karşı yeni bir yenilgi, Çin'den yeni tavizler koparılmasına yol açtı. Daha birçok Çin limanı yabancılarla ticarete açıldı, Avrupalılara ülkede ikamet ve seyahat hakkı verildi, Hıristiyan misyonerlere ülkede serbestçe dolaşma izni sağlandı ve daha sonra da afyon ticareti yasallaştırıldı. Afyon, tütün ve çay Çin'in yüzyıllardır sürdürdüğü kapalı kapılar politikasını sona erdirdi. Çin 1911 İhtilali ile sonuçlanacak bir karmaşa ve değişim sürecine girdi.

MORPHEUS'UN KOLLARINDA

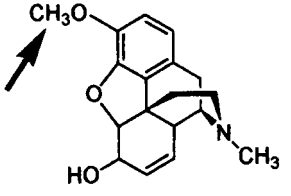
Afyon yirmi dört farklı alkaloid içerir. İçlerinde en yüksek oranda bulunan morfin, çiçeğin tohum kesesinden sızan yapışkan, kurumuş ham afyon özütünün yaklaşık yüzde 10'unu oluşturur. Bu afyon sakızından saf morfin ilk kez 1803 yılında Friedrich Serturner adlı bir Alman eczacı tarafından yalıtıldı. Serturner elde ettiği bileşiğe Romalıların rüya tanrısı Morpheus'a atfen morfin adını verdi. Morfin bir narkotiktir; duyuları baskılayan (böylece acıyı ortadan kaldıran) ve uyku getiren bir moleküldür.

Serturner'in keşfini molekül üzerinde yoğun bir kimyasal araştırma süreci izledi, ama morfinin kimyasal yapısının kesin olarak belirlenmesi 1925 yılını buldu. Yine de bu 122 yıllık aranın verimsiz olduğu söylenemez. Tersine, organik kimyacılar genelde morfinin yapı şifresinin çözülme sürecinin insanlar için bu molekülün iyi bilinen ağrı dindirici etkisi kadar yararlı olduğu görüşündedirler. Yapı belirlemenin klasik yöntemleri, yeni laboratuvar süreçleri, karbon bileşiklerinin üç boyutlu doğasının anlaşılması ve yeni sentez teknikleri, bu kimyasal bilmecenin çözülmesi maratonunda elde edilen sonuçlardan yalnızca birkaçıdır. Önemli başka bazı bileşiklerin yapıları da morfin üzerinde yapılan çalışmalar sayesinde ortaya çıkarılmıştır.

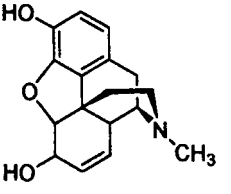


Morfinin yapısı. Kama biçimli bağların koyu çizgileri kâğıt düzleminin dışına (yukarı) doğru uzanıyor.

Günümüzde morfin ve onunla ilintili bileşikler hâlâ bilinen en etkili ağrı kesicilerdir. Ama ne yazık ki ağrı kesici ya da analjezik etki bağımlılıkla ilintili görünüyor. Afyonda çok daha az miktarlarda (yüzde 0,3'ten 2'ye kadar) bulunan benzer bir bileşik olan kodein daha az bağımlılık yapar, ama aynı zamanda daha güçsüz bir analjeziktir. Yapılarındaki fark çok küçüktür: Morfindeki OH'lerden biri, kodeinde yerini CH_3O'ya bırakır (şekilde okla gösterilen yer).



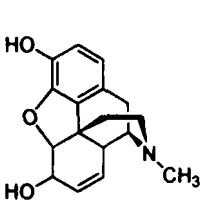
Kodein



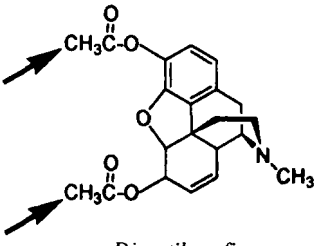
Morfin

Kodeinin yapısı. Ok kodeinle morfin arasındaki tek farkı gösteriyor.

Morfinin yapısının ortaya çıkarılmasından çok önce, bağımlılık yapıcı özelliği bulunmayan daha iyi bir ağrı kesici üretebilmek umuduyla çabalara girişilmişti. 1898 yılında, beş yıl önce Felix Hofmann'ın babasını asetil salisilik asitle tedavi etmiş olduğu Alman boya üreticisi Bayer ve Ortakları şirketinde, kimyacılar salisilik asidi aspirine dönüştüren aynı asilasyon tepkimesini morfine de uyguladılar. Yapmak istedikleri akla uygundu. Aspirinin salisilik asitten çok daha az toksik olan mükemmel bir analjezik olduğu ortaya çıkmıştı.



Morfin



Diasetilmorfin

Morfinin diasetil türevi. Oklar CH_3CO'nun, morfinin HO'larından ikisinde H'lerin yerini alarak eroini oluşturduğu yerleri gösteriyor.

Morfinin HO gruplarından ikisindeki H'leri CH_3CO gruplarıyla değiştirmekle elde edilen ürünse çok başka bir şeydi. Başta sonuçlar umut verici görünüyordu. Diasetilmorfin, morfinden daha da güçlü bir narkotikti. Öylesine güçlüydü ki, son derece düşük dozlarda uygulanabiliyordu. Gelgelelim, güçlü etkisinin altında büyük bir sorun yatıyordu – diasetilmorfin için yaygın olarak benimsenen ismi söylediğinizde hemen anlaşılan bir sorun. İlk başta Heroin (Eroin) adıyla piyasaya çıkarılan bu bileşik, bilinen en bağımlılık yapıcı maddelerden biridir. (Heroin adı Yunanca *heros* yani "kahraman" kelimesinden türetilmiştir, zira eroin bir nevi "kahraman ilaç" olarak görülmüştür.) Aslında morfin ile eroinin fizyolojik etkileri aynıdır. Beyinde eroinin diasetil grupları yeniden morfinin OH gruplarına çevrilir. Ne var ki, eroin molekülü kan-beyin engelini* morfinden daha kolay geçebildiği için, bağımlılık kazananların şiddetle istediği o hızlı ve yoğun mutluluk duygusunu uyandırır.

İlk önceleri morfinin bulantı ve kabızlık gibi yan etkilerini taşımadığı düşünülen ve dolayısıyla bağımlılık yapıcı etkisinin de bulunmadığı varsayılan eroin, öksürüğe, baş ağrılarına, astıma, amfizeme**, hatta vereme karşı bir tedavi aracı olarak pazarlanmıştı. Ancak, "süper aspirin"lerinin yan etkileri kendilerini belli etmeye baş-

* Kanda bulunan çeşitli maddelerin (bağışıklık hücreleri, büyük moleküller, virüsler gibi zararlı organizmalar) beyin hücrelerine girmesini önleyen bir filtre mekanizması. –ç.n.

** Akciğerlerdeki keseciklerin gerilip genişlemesi sonucu aralarındaki zarların yırtılmasıyla ciğerlerin esnekliğini yitirmesinden doğan solunum güçlüğü. –ç.n.

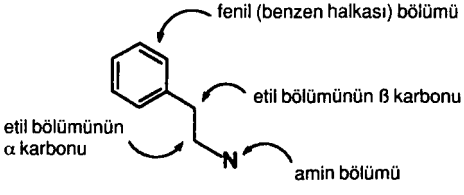
layınca Bayer ve Ortakları sessiz sedasız reklam kampanyasına son verdi. Asetil salisilik asit için alınan ilk patentin süresi 1917 yılında dolup da öteki şirketler de aspirin üretmeye başlayınca, Bayer isim hakkının ihlal edildiği gerekçesiyle mahkemeye başvurdu. Ama tahmin edilebileceği gibi, Heroin markasının isim hakkının ihlaline karşı Bayer'in hiçbir yasal girişimi olmadı.

Artık ülkelerin büyük çoğunluğu, eroinin girişini, üretimini ve kullanımını yasaklamış bulunuyor. Ancak tüm bu önlemler bu molekülün yasadışı ticaretini engellemek adına fazla bir şey yapabilmiş değil. Morfinden eroin imal etmek için kurulan laboratuvarların genelde, asilasyon tepkimesinin yan ürünü olan asetik asidi yok etmek gibi önemli bir sorunları olur. Asetik asidin, yüzde dördünü oluşturan sirkeden kaynaklanan hemen tanınan bir kokusu vardır. Bu koku da çoğu kez yetkililere çevrede yasadışı bir eroin imalatçısı olduğunu haber verir. Özel eğitimli polis köpekleri insan burnunun duyarlılık eşiğinin altında kalan çok hafif düzeyde sirke kokusunu bile alabilir.

Morfin ve benzeri alkaloidlerin böylesine etkili ağrı kesiciler olmalarının nedenleri üzerine yapılan araştırmalar, morfinin beyne gönderilen sinir uyarılarını değiştirmediğine işaret ediyor. Morfinin daha ziyade beynin bu mesajları nasıl aldığını, yani gönderilen ağrı mesajını nasıl algıladığını seçici bir biçimde değiştirdiği anlaşılıyor. Görünüşe göre morfin molekülü beyindeki bir ağrı almacını işgal edip sinyal girişini engelleyebiliyor, ki bu teori, ağrı almacına girebilmek için bir molekülün yapısının belli bir biçime sahip olması gerektiği yolundaki düşünceyle uyum gösteriyor.

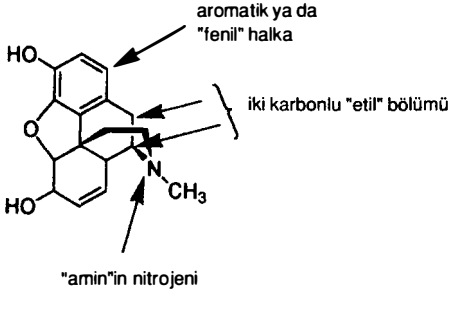
Morfin beyinde çok küçük derişimler halinde bulunan, doğal ağrı kesici görevi yapan ve stresli durumlarda derişimleri artan endorfin adlı bileşiklerin davranışını taklit eder. Endorfinler amino asitlerin uç uca eklenmesiyle oluşan polipeptit yapılarına sahip bileşiklerdir. Bu, ipek gibi proteinlerin yapısından sorumlu aynı peptit oluşum biçimidir (bkz. 6. Bölüm). Ancak, bir ipek molekülünde yüzlerce hatta binlerce amino asit olmasına karşılık, endorfinlerde yalnızca birkaç tane bulunur. Yalıtılan iki farklı endorfin de, beş amino asitten oluştukları için birer pentapeptittir. Bu endorfin pentapeptitlerin her ikisi ile morfinin yapılarında ortak bir özellik vardır: Hep-

sinde bir ß-feniletilamin grubu bulunur ve bu da LSD, meskalin ve öteki halüsinasyon gördüren moleküllerde beyni etkilediği düşünülen aynı kimyasal yapıdır.



ß-feniletilamin grubu

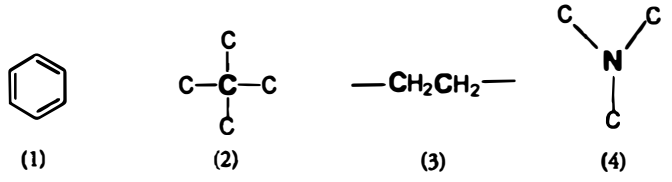
Pentapeptit endorfin moleküllerinin bu benzerlik dışında morfin molekülüyle hiç benzeşmemesine karşın, yapılarındaki bu ortak bölümün, hepsinin beyinde aynı yere bağlanmasını sağladığı düşünülüyor.



Morfin molekülünün ß-feniletilamin grubunun gösterildiği yapısı.

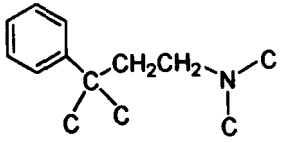
Bununla birlikte morfin ve benzer moleküller narkotik etkilere de sahip olduklarından, yani ağrı kesici, uyku getirici ve bağımlılık yapıcı olduklarından, biyolojik aktiviteleri açısından öteki halüsinojenlerden ayrılırlar. Bu narkotik özelliğin, yapılarında sırasıyla şu bileşenlerin bir araya gelmesiyle kazanıldığı düşünülüyor: (1) bir fenil ya da aromatik halka, (2) bir "dörtçül", yani dört başka karbon atomuna doğrudan bağlı bir karbon atomu, (3) bir CH_2-CH_2 grubu,

(4) "üçcül" bir N (üç karbon atomuna doğrudan bağlı bir nitrojen atomu).



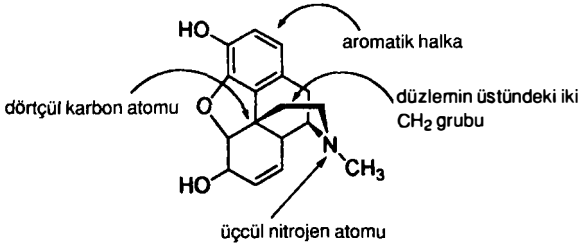
(1) Benzen halkası, (2) dörtçül karbon atomu (kalın puntolu), (3) karbonları kalın puntoyla gösterilmiş iki CH_2 grubu ve (4) üçcül nitrojen atomu (kalın puntolu)

Bir araya geldiklerinde, "morfin kuralı" diye bilinen bu koşullar dizisi aşağıdaki gibi bir görünüm alır.



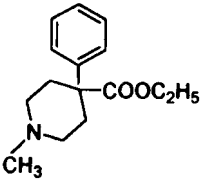
Morfin kuralı için gerekli bileşenler

Morfin çizimlerinde bu dört koşulun da –kodein ve eroinde de olduğu gibi– sağlandığını görebilirsiniz.



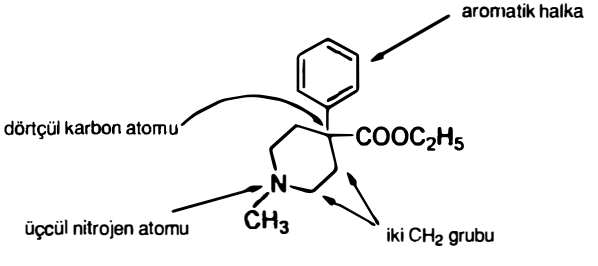
Biyolojik etkinlik için gerekli morfin kuralına nasıl uyduğu gösterilmiş bir morfin molekülü

Molekülün bu bölümünün narkotik etkinlikten sorumlu olabileceğinin keşfi, kimyada tesadüflerin rolünün bir başka örneğidir. Meperidin adlı insan yapımı bileşiği sıçanlara enjekte eden araştırmacılar, bunun daha önce morfinle yapılan deneylerde de görüldüğü gibi, hayvanların kuyruklarını belli bir biçimde tutmalarına yol açtığını gözlemlediler.



Meperidin

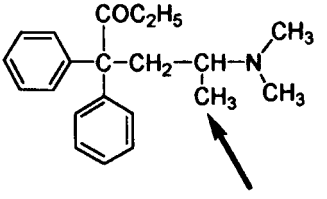
Meperidin molekülü morfin molekülüne pek fazla benzemiyordu. Ama bu iki molekülün ortak özellikleri (1) bir aromatik ya da fenil halkanın (2) bir dörtçül karbona bağlı olması, (3) ardından da bir CH_2-CH_2 grubunun ve sonra da bir üçcül nitrojenin gelmesiydi. Bir başka deyişle, sonradan morfin kuralı diye bilinecek aynı düzen ikisinde de vardı.



Meperidin ya da Demerol yapısında morfin kuralının gösterilmesi

Meperidinle yapılan deneyler bu maddenin analjezik özelliklere sahip olduğunu ortaya koydu. Genellikle ticari adıyla Demerol olarak tanınan bileşik, daha az etkili olmakla birlikte bulantı yapma olasılığı düşük olduğu için çoğu kez morfin yerine kullanılır. Buna karşılık bağımlılık yapıcı özelliğini korur. Bir başka sentetik ve çok

etkili bir analjezik olan methadon da eroin ve morfin gibi sinir sistemini baskılar; ama opiatlar diye de bilinen uyuşturucu grubu gibi uyku hali ya da mutluluk duygusu vermez. Methadonun yapısı morfin kuralı için gerekenlere tam olarak uymaz. CH_2-CH_2'nin ikinci karbonuna bağlı bir CH_3 grubu vardır. Yapıdaki bu çok küçük değişikliğin biyolojik etkinlikteki farklılıktan sorumlu olduğu sanılıyor.



Methadonun yapısı. Ok, morfin kuralından tek sapma olan, ama yine de fizyolojik etkiyi değiştirmeye yeten CH_3 grubunun yerini gösteriyor.

Ne var ki methadon yine de bağımlılık yapar. Eroin bağımlılığı methadon bağımlılığına dönüştürülebilirse de, bunun eroin bağımlılığıyla ilgili sorunlarla başa çıkmanın mantıklı bir yolu olup olmadığı hâlâ tartışma konusudur.

"DUMAN İÇMEK"

Afyon Savaşları'yla ilişkili ikinci alkaloid olan nikotin, Kristof Kolomb Yeni Dünya'ya ayak bastığında Avrupa'da bilinmiyordu. Orada hem erkeklerin hem de kadınların, yuvarlayarak burun deliklerine soktukları yaprakların ucunu yakarak dumanlarını ciğerlerine çektiklerini ya da yerlilerin deyişiyle "içtiklerini" gördü. Güney Amerika, Meksika ve Karayip yerlileri arasında *Nicotiana* cinsinden tütün yapraklarını tüttürmek (içmek), enfiye gibi toz haline getirilmiş tütünü burun deliklerine çekmek ya da yaprakları çiğnemek hayli yaygındı. Tütünün kullanımı temel olarak törenseldi. Çubuklardan ya da yuvarlanmış yapraklardan ciğerlere çekilen ya da kor halinde ateşin üzerine serpilen yapraklardan solunan dumanın, törene katılanlarda trans ya da halüsinasyonlara yol açtığı söyleniyordu. Bu, onların kullandığı tütündeki aktif maddelerin, Avrupa'ya ve

dünyanın geri kalan her yerine sokulan *Nicotiana tabacum*'dakinden çok daha yüksek derişimlerde olması gerektiğini gösteriyor. Kolomb'un kayıtlarında geçen tütün büyük olasılıkla, Maya uygarlığının tütünü olan ve çok daha etkin bir tür olduğu bilinen *Nicotiana rustica*'ydı.

Tütün kullanımı Avrupa'da hızla yayıldı ve ardından da tütün ekimi başladı. Fransa'nın Portekiz'deki büyükelçisi olan ve adını tütün bitkisinin botanik bilimindeki adına ve içerdiği alkaloide veren Jean Nicot, İngiltere'de Sir Walter Raleigh ve Fransa Kraliçesi Catherine de Médicis dahil on altıncı yüzyılın öteki bazı Avrupalı ileri gelenleri gibi bir tütün düşkünüydü. Ancak, tütün içmek hemen yaygın kabul görmedi. Papalık fermanları kiliselerde tütün kullanılmasını yasaklarken, İngiltere Kralı I. James'in de 1604 yılında yayımladığı bir kitapçıkta "bu göze iğrenç gelen, burnun tiksindiği, beyne zararlı ve ciğerler için tehlikeli âdetten" yakındığı söylenir.

1634 yılında tütün içmek Rusya'da yasaklandı. Yasayı çiğnemenin cezası son derece ağırdı – dudakların yarılması, kırbaçlanma, hadım edilme ya da sürgün. Elli yıl kadar sonra yasak, kendisi de bir tütün tiryakisi olan Çar Büyük Petro'nun tütün kullanımını teşvik etmesi üzerine kaldırıldı. İspanyol ve Portekizli denizciler kapsaisin alkaloidini içeren acı biberi dünyaya yayarken, bir yandan da gittikleri her limana tütün ve nikotin alkaloidini taşıdılar. On yedinci yüzyıla gelindiğinde tütün içimi Doğu'da yaygın hale gelmişti ve işkence de dahil şiddetli cezalar giderek popülerleşmesini önlemede fazla işe yaramamıştı. Aralarında Türkiye, Hindistan ve İran'ın da bulunduğu bazı ülkeler zaman zaman tütün tiryakiliğinin en etkili tedavisini –ölüm cezası– uygulamış olsalar da, günümüzde buralarda da tütün içimi her yerdeki kadar yaygın.

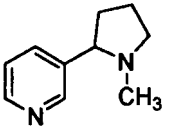
En başından beri Avrupa'da ekimi yapılan tütün, talebi karşılamakta yetersiz kalıyordu. Yeni Dünya'daki İspanyol ve İngiliz sömürgeleri çok geçmeden ihracat için tütün üretmeye başladılar. Tütün tarımı hayli emek yoğun bir uğraştı: Yabani otların ayıklanması, tütün bitkilerinin doğru boyda tutulması, sürgünlerin budanması, zararlıların temizlenmesi ve yaprakların elle toplanıp kurumaya hazırlanması gerekiyordu. Plantasyonlarda genellikle köleler tarafından yapılan bu işlemler, nikotinin de Yeni Dünya'daki kölelikte so-



Brezilya'da 1593 yılı civarında bakıra kazınmış olup Güney Amerika'da tütün içimini gösteren ilk gravür. Tupi Yerlilerinin bu ziyafet töreninde bir bitki uzun bir çubuğun ucunda tüttürülüyor. (John G. Lord Koleksiyonu'ndan)

rumluluk taşıyan glukoz, selüloz ve indigo moleküllerine katılması anlamına geliyordu.

Tütünde, en başat olanı nikotin olmak üzere en az on alkaloid bulunur. Tütün yapraklarındaki nikotin içeriği, yetiştirme yöntemi, iklim, toprağın özellikleri ve yaprakların işlenme biçimine göre yüzde iki ile sekiz arasında değişir. Çok küçük dozlarda nikotin merkezi sinir sistemi ve kalp için uyarıcı etkide bulunur, ancak zamanla ya da daha büyük dozlarda baskılayıcı hale gelir. Görünürdeki bu çelişki, nikotinin bir sinir ileticisi gibi davranabilme özelliğiyle açıklanabilir.



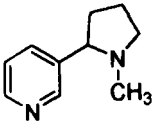
Nikotinin yapısı

Nikotin molekülü sinir hücreleri arasındaki bağlantı noktalarında bir köprü oluşturur ve bu ilk başta bir sinyalin gönderiliş şiddetini yükseltir. Ancak, bu bağlantı noktası sinyaller arasında hemen boşaltılmaz ve bir süre sonra iletim noktası tıkanır. Nikotinin uyarıcı etkisi kaybolur ve özellikle kalpte olmak üzere kas faaliyeti yavaşlar. Bunun sonucunda kan dolaşımı da yavaşlar ve oksijen vücuda ve beyne daha yavaş bir tempoda iletilir; bu da genel bir sakinleştirici etkiye yol açar. Bu, nikotin kullanıcılarının, sinirlerini yatıştırmak için bir sigaraya ihtiyaç duyduklarını söylemelerini açıklar; ama gerçekte nikotin uyanık bir kafa gerektiren durumlarda ters etki yapar. Dahası, uzun süre tütün kullananların, yetersiz kan dolaşımının yol açtığı düşük oksijen ortamında uygun gelişme koşulları bulan kangren gibi enfeksiyonlara yakalanma riski daha yüksektir.

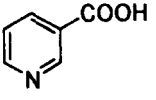
Daha yüksek dozlarda nikotin ölümcül bir zehirdir. Yalnızca 50 miligram gibi küçük bir dozun bile vücuda girişi, yetişkin bir insanı birkaç dakika içinde öldürür. Ancak, zehirleyiciliği yalnızca miktarına değil nikotinin vücuda nasıl girdiğine de bağlıdır. Deri yoluyla emilen nikotin, ağız yoluyla (tütün çiğneyerek) alınandan bin kat daha etkilidir. Nedeni, mide asitlerinin nikotin molekülünü belli ölçüde çözmesi olsa gerek. Duman halinde alındığında, yanmayla oluşan yüksek sıcaklık tütündeki alkaloidleri daha az toksik ürünlere oksitler. Tabii bu tütün içmenin zararsız olduğu anlamına gelmez. Burada anlaşılması gereken, nikotin ve tütündeki diğer alkaloidlerin çok büyük kısmının bu oksitlenmesi olmasa, sadece birkaç sigara içmenin kaçınılmaz olarak ölümle sonuçlanacağıdır. Yoksa, tütün dumanı içinde geri kalan nikotin, ciğerlerden doğrudan kana karıştığı için özellikle tehlikelidir.

Nikotin doğal ve güçlü bir böcek öldürücüdür. Haşerelere karşı sentetik bileşikler geliştirilmeden önce böcek öldürücü olarak kul-

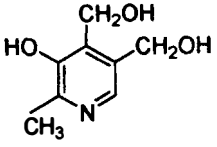
lanılmak üzere 1940'lar ve 1950'lerde milyonlarca kilo nikotin üretilmişti. Buna karşılık nikotinik asit ve nikotine benzer bir yapıya sahip olan piridoksin zehirli değildir. Üstelik faydalıdırlar; her ikisi de sağlığımız ve yaşamımız için temel besleyiciler olan birer B vitaminidir. Kimyasal yapıda ufak bir değişimin özelliklerde muazzam farklılıklara yol açtığını burada bir kez daha görmüş oluyoruz.



Nikotin



Nikotinik asit (niyasin)



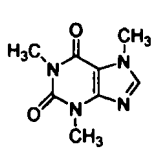
Piridoksin (vitamin B_6)

İnsanların gıdalarında (niyasin diye de bilinen) nikotinik asidin eksikliği, üç belirtiyle (deri iltihabı ya da dermatit, ishal ve bunama) kendini gösteren pellagra denen bir hastalığa yol açar. Diyetin neredeyse tümüyle mısırdan oluştuğu yerlerde ortaya çıkan pellagranın, başlangıçta bulaşıcı bir hastalık, belki de cüzamın bir türü olduğu düşünülüyordu. Pellagranın niyasin eksikliğinden kaynaklandığı ortaya çıkarılıncaya kadar kurbanlarından birçoğu akıl hastanelerinde gözetim altına alınmıştı. Pellagra yirminci yüzyılın başlarına kadar ABD'nin güney eyaletlerinde yaygındı; ama ABD Halk Sağlığı Servisi'nde doktor olan Joseph Goldberger'in çabaları, sonunda tıp camiasını bunun besin eksikliğinden kaynaklanan bir hastalık olduğu hususunda ikna etti. *Nikotinik asit* adı da, ticari fırıncıların ürettikleri vitamince zenginleştirilmiş beyaz ekmekte nikotine fazla benzeyen bir katkı adı bulunmasını istememeleri üzerine *niyasin* olarak değiştirildi.

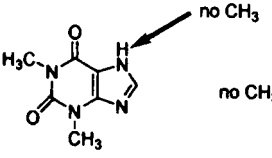
KAFEİNİN UYARICI YAPISI

Afyon savaşlarıyla ilintili üçüncü alkaloid olan kafein, aynı zamanda psikoaktif bir madde olmasına karşın dünyanın hemen her yerinde serbestçe satılır ve hiçbir kısıtlamaya tabi olmadığı için fazladan kafein yüklenmiş içecekler üretilip bu özelliğinin reklamı yapılarak

satılır. Kafein ve onunla çok yakın akraba olan teofilin ve teobromin adlı alkaloidlerin yapıları aşağıda gösterilmiştir.



Kafein



Teofilin *Teobromin*

Çayda bulunan teofilin ve kakaodaki teobromin, yalnızca yapının halkalarına bağlı CH_3 gruplarının sayılarıyla birbirlerinden ayrılır. Kafeinde bunlardan üç tane bulunurken, teofilin ve teobrominde birbirinden çok az farklı konumlarda ikişer tane vardır. Moleküler yapıdaki bu çok küçük değişim bu moleküllerin farklı fizyolojik etkilerinden sorumludur. Kafein doğal olarak kahve çekirdeklerinde, çay yapraklarında ve daha az olarak da kakao meyvesi, kola cevizi ve genelde Güney Amerika'ya özgü *maté* (Paraguay çayı) yaprağı, *guarana* çekirdeği ve *yoco* ağacı kabuğu gibi öteki bazı bitkisel kaynaklarda bulunur.

Kafein güçlü bir merkezi sinir sistemi uyarıcısı ve dünyada en çok incelenmiş maddelerden biridir. İnsan fizyolojisi üzerindeki etkilerini açıklamak üzere yıllar boyu öne sürülmüş çeşitli teorilerden en sonuncusu, kafeinin beyinde ve vücudun başka yerlerinde adenozinin etkilerini engellediği yolundadır. Adenozin, tıp jargonunda nöromodülatör denen bir sinir düzenleyicisi, sinirlerin kendiliğinden ateşlenme (etkinleşme) oranını düşürerek öteki sinyal ileticilerin salgılanmasını yavaşlatan, dolayısıyla uyku getirebilen bir moleküldür. Verdiği izlenimin aksine, kafeinin bizi uyandırdığı söylenemez; gerçekte etkisi, adenozinin uykumuzu getiren rolünü engellemekten ibarettir. Kafein vücudun çeşitli yerlerindeki adenozin almaçlarını işgal ettiğinde bir "kafein patlaması" hissederiz: kalp atışları hızlanır, bazı damarlar büzüşürken başkaları genişler ve bazı kaslar daha kolay kasılır.

Kafein tıbbi olarak astımı hafifletme ve önlemede, migren tedavisinde, tansiyon yükseltmede, idrar söktürmede ve daha birçok

başka rahatsızlığın tedavisinde kullanılır. Çoğu kez hem reçetesiz hem de reçeteyle satılan ilaçlarda bulunur. Kafeinin olası negatif yan etkileri ve bu arada çeşitli kanser türleri, kalp hastalığı, kemik erimesi, ülserler, karaciğer hastalığı, premenstrüel sendrom, böbrek hastalığı, spermin hareket kabiliyeti, doğurganlık, fetüs gelişimi, hiperaktivite, atletik performans ve zihin gerilemesiyle ilişkisi konusunda pek çok araştırma yapılmıştır. Fakat şimdiye kadar bunlardan herhangi birini aşırı olmayan miktarlarda kafein tüketimiyle ilintilendirebilecek kesin kanıtlar elde edilememiştir.

Ancak, kafein toksik bir maddedir. Ölümcül bir doz, ortalama yapıda bir yetişkin için ağızdan alınacak on gram kadardır. Bununla birlikte bir fincan kahvedeki kafein içeriği, kahvenin yapılış şekline bağlı olarak 80 ile 180 miligram arasında değiştiğinden, ölümcül bir doz alabilmeniz için tek seferde 55-125 fincan kadar kahve içmeniz gerekir. Açık ki, tümüyle imkânsız olmasa bile bu yolla kafein zehirlenmesi son derece düşük bir olasılıktır. Kuru ağırlık göz önüne alındığında, çay yapraklarında kahve çekirdeklerindekinden iki kat fazla kafein bulunur. Ancak, fincan başına daha az çay kullanıldığından sonuçta bir fincan çayda, bir fincan kahvedekinin yarısı kadar kafein olur.

Çayda ayrıca teofilin denen ve kafeine benzer etkide bulunan bir molekülden küçük miktarlarda bulunur. Günümüzde teofilin astım tedavisinde yaygın olarak kullanılıyor. Teofilin kafeine kıyasla hem daha etkili bir bronş açıcıdır hem de merkezi sinir sistemi üzerindeki etkisi daha azdır. Kakao ve çikolatanın kaynağı olan kakao meyvesi yüzde 1-2 arasında teobromin içerir. Bu alkaloid molekül merkezi sinir sistemini teofilinden de az uyarır; ama kakao ürünlerindeki teobromin, kafein derişiminden yedi ya da sekiz kat daha fazla olduğu için uyarıcı etki yine de kendini belli eder. Morfin ve nikotin gibi kafein de (tabii bu arada teofilin ve teobromin de) bağımlılık yapıcı bileşiklerdir. Yoksunluk ya da çekilme belirtileri arasında baş ağrısı, yorgunluk, uyuklama, ve hatta –kafein alımı aşırı olduğunda– bulantı ve kusma sayılabilir. İyi haberse, kafeinin vücuttan kısa sürede, en fazla bir hafta sonunda tümüyle atılıyor olmasıdır – her ne kadar içimizden pek azı dünyanın en popüler tiryakiliğinden vazgeçme niyetinde olsa da!

Kafein içeren bitkiler muhtemelen tarihöncesi dönemde bile biliniyordu. Çok eski zamanlarda kullanıldıkları kesin olmakla birlikte çayın mı, kakaonun mu, yoksa kahvenin mi önce kullanıldığını bilmek mümkün değil. Rivayete göre Çin'in efsanevi ilk imparatoru Şen Nung, hastalığa karşı önlem olarak sarayına giren içme suyunun kaynatılması uygulamasını başlatmış. Bir gün hizmetkârlarının kaynatmakta olduğu suya yakınlardaki bir çalının yapraklarından düştüğünü görmüş. Ortaya çıkan karışım da o günden bu yana geçen beş bin yıl boyunca zevkle içilen trilyonlarca fincan çayın ilki olmuş. Efsanelerin eski zamanlarda çay içilmesinden söz etmelerine karşın, MÖ ikinci yüzyıla kadar Çin literatüründe ne çaya ne de "insanı daha iyi düşündürme" özelliğine dair herhangi bir kayıt yoktur. Başka bazı geleneksel Çin hikâyeleri, çayın ülkeye Hindistan'ın kuzeyinden ya da Güneydoğu Asya'dan girmiş olabileceğine işaret eder. Kaynağı neresi olursa olsun, çayın yüzyıllar boyunca Çinlilerin yaşamının bir parçası olduğuna şüphe yok. Çin'in yanı sıra birçok Asya ülkesinde ve özellikle de Japonya'da da çay artık ulusal kültürün bir parçası.

Portekizliler Macao'da kurdukları bir ticaret merkeziyle, Çin'le sınırlı bir ticaret ilişkisi kuran ve çay içme âdetini benimseyen ilk Avrupalılar oldular. Ancak, Avrupa'ya on yedinci yüzyılın başında ilk çay balyasını getirenler Hollandalılar oldu. İlk başta çay, ancak zenginlerin satın alabileceği çok pahalı bir üründü. İthal edilen çayın miktarı arttıkça ve gümrük vergileri giderek düşürüldükçe, fiyat da yavaş yavaş indi. On sekizinci yüzyılın başlarında çay, İngiltere'nin ulusal içeceği olarak *ale*'in (özel bir bira) yerini almaya başlıyor ve sahne, çayın Afyon Savaşları ve Çin'in ticarete açılmasında oynayacağı rol için hazırlanıyordu.

Rolünün gerçek olmaktan çok sembolik olmasına karşın çay, genellikle Amerikan İhtilali'nde önemli bir pay sahibi olarak görülür. 1763 yılına gelindiğinde, İngilizler Fransızları Kuzey Amerika'dan çıkarmayı başarmışlardı ve yerlilerle anlaşma görüşmelerinde bulunuyor, yerleşimlerin genişlemesini denetim altında tutuyor ve ticareti yönetiyorlardı. Koloni halklarının, kendi yerel sorunları olarak gördükleri şeyler üzerinde İngiliz Parlamentosu'nun kontrolüne karşı duydukları hoşnutsuzluk bir isyana dönüşme sinyalleri veri-



Theobroma cacao ağacındaki kakao keseleri. (Fotoğraf: Peter Le Couteur)

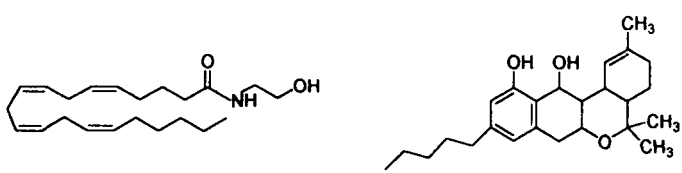
yordu. Özellikle rahatsız edici olan, hem iç hem de dış ticarete konan ağır vergilerdi. 1764-65 yıllarında gelir sağlamak amacıyla hemen her türlü belge için damga pulu uygulaması getiren pul yasasının iptal edilmesine; şeker, kâğıt, boya ve cam için konan vergilerin de kaldırılmasına karşılık, çay hâlâ ağır bir gümrük vergisine tabiydi. 16 Aralık 1773 günü üç gemi dolusu çay bir grup kızgın yurttaş tarafından Boston limanına döküldü. Protesto eylemi gerçekte çayla ilgili olmaktan çok, koloni halkına kendilerine uygulanan vergilerde söz hakkı verilmemesine karşıydı; ama "Boston Çay Partisi" adını alan eylem, bazen Amerikan İhtilali'nin başlangıcı olarak kabul edilir.

Arkeoloik keşifler Yeni Dünya'daki ilk kafein kaynağının kakao çekirdeği olduğuna işaret ediyor. Kakao çekirdeği Meksika'da MÖ 1500 gibi erken bir tarihte kullanılıyordu; daha sonra gelen Maya ve Toltek uygarlıkları da bu Orta Amerika alkaloid kaynağını yetiştirdiler. Yeni Dünya'ya 1502 yılında yaptığı dördüncü seferinden dönüşünde Kristof Kolomb, İspanya Kralı Ferdinand'a kakao meyveleri hediye etti. Ancak, Avrupalıların kakao alkaloidlerinin uyarıcı

etkilerinin farkına varmaları, Hernán Cortés'in 1528 yılında Montezuma II'nin sarayında Azteklerin acı içkisini içmesinden sonra oldu. Cortés kakaodan Aztekler gibi "tanrıların içkisi" diye söz ediyordu ve tropik ağaç *Theobroma cacao*'nun otuz santim uzunluğundaki meyveleri içindeki çekirdeklerinde bulunan başat alkaloid teobrominin adı da bundan geliyor. Bileşik sözcük, Yunanca "tanrı" demek olan *theos* ve "yiyecek" anlamına gelen *broma*'dan türetilmiş.

On altıncı yüzyılın geri kalanında kakao (ya da Batı'da bilindiği şekliyle çikolata veya sıcak çikolata) içmek, İspanya'da ancak varlıklıların ya da soyluların harcı olan bir lükstü; ama giderek İtalya, Fransa ve Hollanda, en sonunda da tüm Avrupa'ya yayıldı. Böylelikle kakaodaki kafein, daha küçük derişimlerde bulunmasına karşın Avrupalıların kafein kullanımına hem çaydan hem de kahveden aldıkları kafeinden daha önce girmiş oluyor.

Çikolata, anandamid denen bir başka ilginç bileşik de içerir. Bu bileşiğin, yapısı epey farklı olduğu halde, beyinde marihuana ya da esrarın etkin maddesi olan fenol özellikli bileşik tetrahidrokanabinol (THC) ile aynı almaca bağlandığı gösterilmiştir. Eğer anandamid, pek çok kimsenin kakao içeceğinde ya da çikolatada var olduğunu söyledikleri "keyif verici" özelliğinden sorumluysa, o halde biz de kışkırtıcı bir soru sorabiliriz: Yasaklamak istediğimiz hangisi – THC molekülü mü yoksa onun "keyif verici" etkisi mi? Eğer keyif verme özelliğiyse, o halde çikolatayı yasadışı ilan etmeyi düşünmeli miyiz?



Çikolatada bulunan anandamid (solda) ve esrardaki THC (sağda) yapı olarak farklıdır.

Kafein Avrupa'ya çikolata aracılığıyla girdi. Daha yoğun bir alkaloid içeceğinin kahve şeklinde gelmesi en az bir yüzyıl sonra olacaktı; ama kahve Ortadoğu'da yüzyıllardır kullanılmaktaydı. Kahve

içiminin zamanımıza ulaşabilmiş tek kaydı, bir onuncu yüzyıl Arap hekimi olan Muhammed Zekeriya el-Razi'den geliyor. Fakat kuşku yok ki, Etiyopyalıların keçi çobanı Kaldi efsanelerinin ima ettiği gibi kahve bundan çok önce de biliniyordu. Efsanede, Kaldi'nin daha önce hiç fark etmemiş olduğu bir ağacın yapraklarını ve meyvelerini kemiren keçileri, birden aşka gelerek arka ayakları üzerine dikilip oynamaya başlar. Kaldi ne var diye parlak kırmızı meyveleri kendi de tadınca, tıpkı keçileri gibi kendisinin de neşelendiğini görür. Bunun üzerine bir miktar toplayıp belki bilir diye bir İslam âlimine götürür. Yaşlı adam kullanılmalarının caiz olmadığını söyleyerek meyveleri ateşe atınca alevlerden nefis bir koku yükselir. Kavrulmuş çekirdekler ateşten alınarak ilk fincan kahvenin yapımında kullanılır. Hoş bir hikâye olmasına karşılık, *Coffea arabica* ağacındaki kafeinin gerçek kâşiflerinin Kaldi'nin keçileri olduğuna dair pek bir kanıt yok. Yine de kahve Etiyopya yaylalarında bir yerde ortaya çıkıp Kuzeydoğu Afrika üzerinden Arabistan'a yayılmış olabilir. Kahve biçiminde kafein her zaman kabul görmediği gibi, yasaklandığı da oldu. Yine de on beşinci yüzyılın sonuna gelindiğinde Müslüman hacılar kahveyi İslam dünyasının her yanma taşımışlardı.

Kahvenin on yedinci yüzyılda Avrupa'ya girişini de benzer bir süreç izledi. Kafeinin çekiciliği, sonunda Kilise ve hükümet yetkililerinin yanı sıra hekimlerin de başlangıçtaki endişelerine üstün geldi. İtalya'da sokaklarda, Venedik ve Viyana'da, Paris ve Amsterdam' da, Almanya ve İskandinavya'da kafelerde satılan kahvenin Avrupa nüfusunda ayıklığı artırdığı söylenir. Kahve bir dereceye kadar güneyde şarabın, kuzeyde biranın yerini aldı. İşçiler artık kahvaltıda *ale* içmiyorlardı. 1700'e gelindiğinde Londra'da iki binin üzerinde kahvehane vardı. Yalnızca erkeklerin gittiği bu kahvehaneler belirli bir din, zanaat ya da meslekle bütünleşmişlerdi. Gemiciler ve tacirler gemi ve navlun listelerini incelemek üzere Edward Lloyd'un kahvehanesinde toplanırlardı. Bu faaliyet giderek ticaret seferlerinde güvence ortaklığı uygulamasını doğurdu ve sonunda da Londra' daki ünlü Lloyd's sigorta şirketinin kurulmasına yol açtı. Birçok bankanın, gazete ve derginin para ve ticaret borsasının Londra kahvehanelerinde hayat bulduğu söylenir.

Kahve tarımı Yeni Dünya'nın bazı bölgelerinin, özellikle de Brezilya ve Orta Amerika'daki ülkelerin kalkınmalarında çok büyük rol oynadı. Kahve ağaçları ilk kez Haiti'de 1734 yılında yetiştirildi. Elli yıl sonra dünyada tüketilen kahvenin yarısı buradan gönderiliyordu. Günümüz Haiti toplumunun siyasi ve ekonomik koşulları, 1791'de kahve ve şeker üretiminde çalıştırılan kölelerin, içinde yaşatıldıkları korkunç koşullara isyanıyla başlayan uzun ve kanlı köle ayaklanmasına bağlanır. Batı Hint Adaları'nda kahve ticareti düşüşe geçtiğinde öteki ülkeler –Brezilya, Kolombiya, Orta Amerika ülkeleri, Hindistan, Seylan (bugünkü Sri Lanka), Java ve Sumatra (bugünkü Endonezya)– ürünlerini hızla büyüyen dünya pazarına sürdüler.

Özellikle Brezilya'da kahve üretimi tarım ve ticarete egemen oldu. Önceden şeker plantasyonlarına ayrılan çok geniş arazilerde, çekirdeklerinden kazanılacak muazzam kârların beklentisiyle kahve ağacı tarımına geçildi. Brezilya'da köleliğin kaldırılması, ucuz emeğe gereksinim duyan kahve yetiştiricilerinin politik baskıları nedeniyle geciktirildi. Brezilya'ya yeni köle girişinin yasaklanması 1850 yılından önce mümkün olmadı. 1871'den itibaren, kölelerin çocuklarının yasal olarak özgür oldukları ilan edilerek ülkede ağır aksak da olsa köleliğin tümüyle kaldırılacağının işareti verilmiş oldu. 1888 yılında, öteki Batı ülkelerinden yıllar sonra nihayet Brezilya'da da kölelik yasaklandı.

Kahve yetiştirilen bölgelerden büyük limanlara demiryolları döşenmesiyle kahve tarımı Brezilya'da ekonomik gelişmeye ivme kazandırdı. Köle emeği ortadan kalkınca, çoğu yoksul İtalyanlar olmak üzere binlerce göçmen kahve plantasyonlarında çalışmak üzere akın ederek ülkenin etnik ve kültürel görünümünü değiştirdi.

Süregelen kahve tarımı Brezilya'da çevre panoramasında da derin değişimlere yol açtı. Kırları boydan boya dolduran muazzam kahve plantasyonları için uçsuz bucaksız doğal alanlar tarım arazisi haline getirildi; doğal ormanlar kesildi ya da yakıldı; buraların doğal sakinleri olan hayvanlar yok edildi. Monokültür (tek ürün) olarak yetiştirilen kahve ağacı toprağın verimliliğini hızla yok ettiğinden, sürekli olarak yeni ekim alanlarının açılması gerekir. Tropikal yağmur ormanlarının yeniden oluşması yüzyıllar alır; uygun bitki örtüsü olmadan erozyon zaten yetersiz olan toprağı silip süpürerek

ormanların geri gelmesi için hiçbir umut bırakmaz. Tek bir ürüne aşırı bağımlılık, genel olarak yerel nüfusun geleneksel ihtiyaç maddelerinin ekimini engellediği için onları dünya pazarlarındaki iniş çıkışların etkilerine karşı daha da savunmasız kılar. Tek ürün ayrıca tarım zararlılarının yıkıcı istilalarına da açıktır. Örneğin kahve pası tüm bir plantasyonu birkaç hafta içinde yok edebilir.

Orta Amerika'daki kahve yetiştiricisi ülkelerin pek çoğunda benzer bir insan ve çevre sömürüsü süreci yaşandı. On dokuzuncu yüzyılın son yirmi-otuz yılından başlayarak Guatemala, El Salvador, Nikaragua ve Meksika'da kahve monokültürü, kahve ağacının yetiştirilmesi için mükemmel koşullar sunan dağ yamaçlarına tırmandıkça yerli Maya halkları sistematik olarak topraklarını terk etmeye zorlandılar. Gerekli işgücü, yerlerinden edilen nüfusun baskıyla sindirilmesiyle sağlandı. Erkeğiyle, kadınıyla, çocuğuyla insanlar üç kuruş için sabahtan akşama çalıştırıldılar ve tabii zorla çalıştırıldıkları için fazlaca hakları yoktu. Seçkin tabakayı oluşturan kahve plantasyonu sahipleri devletin kaynaklarını kontrolleri altında tuttular, hükümet politikalarını kendi kârları doğrultusunda yönlendirdiler ve sosyal eşitsizlikten kaynaklanan, on yıllarca dinmeyen bir öfkeyi beslediler. Bu ülkelerdeki siyasi çalkantılar ve ihtilaller bir ölçüde insanların kahve arzusunun bir mirasıdır.

Başlangıçta Doğu Akdeniz'de değerli bir tıp bitkisi olarak kullanılan haşhaş Avrupa ve Asya'nın her yerine yayıldı. Günümüzde yasadışı afyon ticareti, organize suç ve uluslararası terörizmi finanse etmeye devam ediyor. Milyonlarca kişi doğrudan ya da dolaylı olarak haşhaştaki alkaloidler nedeniyle sağlığını ve mutluluğunu yitirirken, milyonlarca insan da bunların olağanüstü ağrı kesici etkilerinin tıbbi kullanımından yarar sağladı.

Afyonun bir serbest bırakılıp bir yasaklanması gibi, nikotinde de zaman zaman teşvik, zaman zaman da ceza söz konusu oldu. Tütün bir zamanlar sağlığa yararlı bir madde olarak görülüp çeşitli hastalık ve rahatsızlıklar için tedavi aracı olarak kullanılmışken, başka yer ve zamanlarda da tehlikeli ve kötü bir âdet olarak görülüp yasaklandı. Yirminci yüzyılın ilk yarısında tütün kullanımı hoş görülmenin de ötesinde birçok toplumda teşvik ediliyordu. Sigara içmek o sıra-

lar özgür kadınların ve aydın erkeklerin sembolü olarak takdir görüyordu. Yirmi birinci yüzyılın başındaysa sarkaç öteki tarafa kaymış bulunuyor ve birçok yerde nikotin daha çok afyon alkaloidleri gibi muamele görüyor: Kontrol altında tutuluyor, vergilendiriliyor, kısıtlanıyor ve yasaklanıyor.

Kafeinse, tersine –bir zamanlar fermanlar ve dini emirlere tabi olmasına karşın– şimdi her yerde serbestçe satılıyor. Çocukları ve ergenleri bu alkaloidden uzak tutmak için çıkarılmış herhangi bir yasa ya da yönetmelik yok. Aslına bakarsanız, birçok kültürde anne ve babalar çocuklarına düzenli olarak kafeinli içecekler veriyor. Günümüzde hükümetler bir yandan afyon alkaloidi kullanımını belli kurallar çerçevesinde tıbbi amaçlarla sınırlandırırken, bir yandan da nikotin ve kafein satışlarından büyük vergi gelirleri devşirdikleri için bu iki alkaloidden herhangi birini yasaklayarak böylesine sağlam ve güvenilir bir gelir kaynağından olmak istemiyorlar.

1800'lü yılların ortalarındaki Afyon Savaşları'na götüren olayları başlatan, insanların üç moleküle –morfin, nikotin ve kafeine– duydukları istekti. Bu çatışmaların sonuçlarıysa şimdi, yüzyıllar boyunca Çinlilerin yaşamının temelini oluşturmuş bir toplumsal sistemin dönüşümünün başlangıcı olarak görülüyor. Ancak, bu bileşiklerin tarihte oynadıkları rol bununla sınırlı değil. Anavatanlarından çok uzaklardaki yerlerde yetiştirilen haşhaş, tütün, çay ve kahve, gerek yerel halkları gerekse bu bitkilerin tarımını yapan insanları fazlasıyla etkiledi. Birçok durumda haşhaş tarlalarına, tütün ekim alanlarına ve çay bitkileri ya da kahve ağaçlarıyla örtülü dağ yamaçlarına yer açmak için yerel bitki örtüsü yok edildiğinden, bu bölgelerin ekolojisi de dramatik değişimlere uğradı. Bu bitkilerdeki alkaloid moleküller ticareti canlandırdı, servetler yarattı, savaşlara yol açtı, hükümetlere destek verdi, darbeleri finanse etti – hepsi de hızlı bir kimyasal tatmine yönelik o hiç dinmeyen arzumuz yüzünden.

14

OLEİK ASİT

KİMYASAL BİR BAKIŞ AÇISIYLA ticaretin temel koşulu, "herkesçe istenen moleküllerin dünyadaki eşitsiz dağılımı" olarak tanımlanabilir. Görmüş olduğumuz bileşiklerin birçoğu –baharat, çay, kahve, afyon, tütün, kauçuk ve boyalar– bu tanıma uyuyor. Zeytin ağacının küçük yeşil meyvesinden sıkılan yağ içinde bol miktarda bulunan oleik asit de öyle. Binlerce yıldır değerli bir ticaret metası olan zeytinyağına, Akdeniz kıyısında gelişen toplumların cansuyu denmiştir. Bölgede uygarlıklar yükselip çökerken zeytin ağacı ve altın sarısı yağı her zaman refahlarının temelinde ve kültürlerinin merkezinde olmuştur.

ZEYTİNİN İLMİ

Zeytin hakkındaki efsane ve destanlar saymakla bitmez. Eski Mısırlılar, zeytini ve bereketini insanlığa tanrıçaları İsis'in kazandırdığına inanırlardı. Roma mitolojisine göre zeytini Kuzey Afrika'dan Herkül getirmiştir. Roma tanrıçası Minerva ise zeytin ağacının yetiştirilmesini ve zeytinyağının nasıl çıkarılacağını öğretmiştir. Başka bir efsane zeytini ilk insana kadar geriye götürür: Buna göre ilk zeytin ağacı Âdem'in mezarı üzerindeki topraktan yeşermiştir.

Yunan mitolojisinde deniz tanrısı Poseidon ile barış ve akıl tanrıçası Athena arasındaki bir yarışmadan söz edilir. Attika diye bilinen bölgede yeni kurulmuş kent için en yararlı hediyeyi getiren, yarış-

mayı kazanacaktır. Poseidon üç uçlu mızrağıyla bir kayaya vurur ve bir pınar ortaya çıkar. Su akmaya başlar ve pınardan gücün ve iktidarın sembolü ve aynı zamanda paha biçilmez bir yardımcı olan at ortaya çıkar. Sıra Athena'ya geldiğinde tanrıça mızrağını toprağa savurur ve mızrak barışın sembolü ve bir besin ve yakıt kaynağı olan zeytin ağacına dönüşür. Athena'nın hediyesinin daha değerli olduğuna karar verilir ve yeni kurulmuş kente tanrıçanın onuruna Atina adı verilir. Zeytin hâlâ tanrıların bir hediyesi olarak görülüyor. Atina'da Akropolis'in tepesinde hâlâ bir zeytin ağacı bulunuyor.

Zeytin ağacının coğrafi anayurduysa tartışmalı. Günümüz zeytin ağaçlarının atası olduğuna inanılan bir ağaca ait fosiller hem Yunanistan'da hem de İtalya'da bulunmuştur. Zeytin ağaçlarının yetiştirildiği ilk yerinse doğu Akdeniz çevresinde, günümüzde Türkiye, Yunanistan, Suriye, İran ve Irak'a ait topraklar olduğu düşünülüyor. *Olea* ailesinin meyvesinden yararlanılan yegâne türü olan *Olea europaea*, en az beş bin, hatta belki de yedi bin yıldır yetiştiriliyor.

Zeytin yetiştiriciliği Akdeniz'in doğu kıyılarından Filistin'e, oradan da Mısır'a yayıldı. Bazı uzmanlarsa zeytin yetiştiriciliğinin MÖ 2000 yıllarında Yunanistan, Kuzey Afrika ve Küçük Asya'ya zeytinyağı ihraç eden Girit'te başladığı görüşündeler. Kurdukları koloni ağı genişledikçe Yunanlılar zeytin ağacını İtalya, Fransa, İspanya ve Tunus'a taşıdılar. Roma İmparatorluğu'nun genişlemesiyle de zeytin kültürü tüm Akdeniz havzasına yayıldı. Yüzyıllar boyunca zeytinyağı bölgenin en önemli ticaret metası oldu.

Bir gıda olarak sağladığı değerli kalorilerin yanı sıra zeytinyağı, Akdeniz çevresinde yaşayanlarca günlük yaşamın başka gereksinimleri için de kullanıldı. Zeytinyağı ile yanan lambalar karanlık geceleri aydınlattı. Yağ kozmetik amaçlarla da kullanıldı. Hem Yunanlılar hem de Romalılar yıkandıktan sonra vücutlarını zeytinyağı ile ovarlardı. Atletler zeytinyağı ile yapılan masajların, kaslarını esnek tutmak için gerekli olduğuna inanırlardı. Güreşçiler zeytinyağı süründükten sonra rakiplerine tutma imkânı sağlayabilmek için toza ya da kuma bulanırlardı. Atletik karşılaşmalardan sonra geleneksel olarak vücut, banyonun ardından örselenmiş, çizilmiş yerleri onarmak için yeniden zeytinyağıyla ovulurdu. Kadınlar da ciltlerinin genç, saçlarının parlak görünmesi için zeytinyağı sürerlerdi. Zeytin-



Atina'da Akropolis'in tepesindeki zeytin ağacı. (Fotoğraf: Peter Le Couteur)

yağının kelliği önlediğine ve vücudu güçlendirdiğine inanılırdı. Şifalı bitkilere koku ve tatlarını veren bileşikler genellikle yağlarda çözündüklerinden defne, susam, gül, rezene, nane, ardıç, adaçayı ve daha başka yaprak ve çiçekler zeytinyağına katılarak çok değer verilen egzotik karışımlar elde edilirdi. Antik Yunanistan'da hekimler zeytinyağını ya da bu karışımları bulantı, kolera, ülser ve uykusuzluk dahil birçok hastalığa karşı salık verirlerdi. Mısır'ın ilk tıbbi metinlerinde de ağız yoluyla alınan ya da dışarıdan uygulanan zeytinyağına birçok atıf vardır. Zeytin ağacının yaprakları bile ateş düşürmek ve sıtma hastalarını rahatlatmak için kullanıldı. Bugün bu yaprakların Felix Hofmann'ın 1893'te aspirini geliştirirken yararlandığı söğüt ağacı ve su rezenesi gibi salisilik asit içerdiğini biliyoruz.

Zeytin ağacının Akdeniz halkları için önemi, yazılarına, hatta yasalarına bile yansımıştır. Yunanlı şair Homeros zeytinyağından "sıvı altın" diye söz ediyordu. Yunanlı filozof Demokritus, bal ve zeytinyağından oluşan bir diyetle insanın yüz yaşına kadar yaşayabileceğine inanıyordu ki, bu ortalama ömrün kırk yıl civarında olduğu o zamanlar için hayal edilmesi bile zor olan bir yaştı. MÖ altıncı yüz-

yılda insancıl yasalar çıkartarak, halk mahkemeleri kurdurarak, halka toplanma hakkı tanıyarak ve bir senato oluşturarak tarihe damgasını vurmuş olan Atinalı yönetici Solon, zeytin ağaçlarını korumak için yasalar da çıkarmıştı. Bir zeytinlikte yılda ancak iki ağaç kesilebilirdi. Bu yasanın ihlali idam dahil ağır cezalara yol açıyordu.

Kitabı Mukaddes'te de zeytin ve zeytinyağına yüzün üzerinde atıf bulunur. Örneğin: Tufan'dan sonra güvercin Nuh Peygamber'e bir zeytin dalı getirir; Musa'ya baharat ve zeytinyağıyla bir karışım hazırlaması talimatı verilir; İyi Samiriyeli, haramilerin kurbanının yaralarına şarap ve zeytinyağı sürer; akıllı bakireler de lambalarını zeytinyağıyla sürekli dolu tutarlar. Kudüs'te Zeytin Dağı vardır. İbranilerin kralı Davud'un burada kendine ait zeytinlikleri ve depoları korumak için muhafızlar atadığı söylenir. MS birinci yüzyılda Romalı tarihçi Plinius Akdeniz'deki en iyi zeytinyağının İtalya'da olduğundan söz eder. Romalı şair Vergilius da zeytinyağına övgüler düzer: "Sen de o soylu zeytinlerden yetiştireceksin; barışın sevgilisinden."

Zeytin konusunda bu eski bilgilerin dinle, mitolojiyle, şiirle ve günlük yaşamla iç içe geçmiş olması göz önünde tutulduğunda, zeytin ağacının birçok kültür için bir sembol haline gelmiş olmasına şaşmamak gerek. Eski Yunanistan'da yiyecek ve lambalar için bol miktarda bulunan zeytinyağının, savaş zamanlarında eksikliği duyulan refahın bir işareti sayılmasından olsa gerek, zeytin barış yıllarıyla eşanlamlı hale gelmiştir. Bugün bile bir barış çabasını kastettiğimizde "zeytin dalı uzatmak" deyimini kullanırız. Zeytin aynı zamanda zaferin de sembolü sayılırdı ve ilk Olimpiyat oyunlarında kazananlara zeytin yapraklarından yapılmış bir taç ve zeytinyağı dolu küpler verilirdi. Savaşlarda çoğu kez zeytinlikler hedef alınırdı, çünkü bir düşmanın zeytin bahçelerinin tahribi onu yalnızca önemli bir gıda kaynağından yoksun bırakmaz, aynı zamanda ona yıkıcı bir psikolojik darbe indirirdi. Zeytin ağacı akıl ve yenilenmeyi de temsil ederdi. Yangın ya da kesim sonucu tahrip olmuş gibi görünen bir zeytin ağacı bir süre sonra yeniden filizlenmeye başlar ve sonunda yine meyve verirdi.

Son olarak zeytin, gücü (Herkül'ün asası bir zeytin ağacı gövdesiydi) ve özveriyi de (İsa'nın çivilendiği çarmıhın zeytin ağacından

yapılmış olduğu söylenir) temsil ediyordu. Çeşitli zamanlarda ve kültürlerde zeytin güç ve zenginliği, bekâreti ve doğurganlığı temsil etmiştir. Zeytinyağı yüzyıllar boyu taç giyme ya da atanma törenlerinde krallara, imparatorlara ve piskoposlara sürülen bir madde olarak da kullanılmıştır. İsrail'in ilk kralı Saul taç giyme töreninde alnına zeytinyağı sürdürtmüştü. Yüzlerce yıl sonra Frankların ilk kralı Clovis de I. Louis olarak taç giyerken aynı töreni tekrarladı. Ardından otuz dört Fransız hükümdarına daha –Fransız İhtilali sırasında tahrip edilinceye kadar– inci biçimli aynı şişedeki zeytinyağı sürüldü.

Zeytin ağacı olağanüstü dayanıklıdır. Meyvesini hazırlayacağı kısa bir kışı olan ve tomurcuklarını donduracak ilkbahar donlarının olmadığı bir iklim ister. Uzun ve sıcak bir yaz ve ılık bir sonbahar, meyvelerinin olgunlaşmasını sağlar. Akdeniz, güney kıyılarını serinletirken kuzey kıyılarını ısıtır ve bölgeyi zeytin yetiştiriciliği için son derece uygun hale getirir. Büyük bir su kütlesinin yumuşatıcı etkilerinin olmadığı iç kesimlerde zeytin yetişmez. Zeytin ağaçları çok az yağmur alan yerlerde bile yaşamlarını sürdürebilir. Kazık kökleri su bulmak için derinlere kadar iner ve ince, sert, altları gümüşümsü yaprakları da buharlaşma yoluyla su kaybını önleyecek şekilde evrilmiştir. Zeytin ağacı kuraklıklara dayanıklıdır; taşlı toprakta, hatta kayalık teraslarda bile yetişir. Aşırı don ve dolu fırtınaları dallarını kırabilir, gövdesini çatlatabilir; ama inatçı zeytin ağacı soğuktan donmuş bile görünse ertesi bahar yeniden yaşama dönecek ve taze sürgünler verecektir. Binlerce yıl yaşamlarını zeytin ağacına bağlamış olan insanların ona böylesine kıymet vermesine şaşmamak gerek.

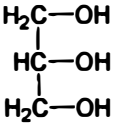
ZEYTİNYAĞININ KİMYASI

Birçok bitkiden yağ çıkarılır. Ceviz ve badem, mısır, susam tohumları, keten tohumları, ayçiçeği çekirdekleri, soya fasulyesi ve yerfıstığı, sayılabileceklerden yalnızca birkaçıdır. Sıvı yağlar ve genellikle hayvanlardan elde edilen, kimyasal olarak çok benzeşen akrabaları olan katı yağlar çok eskiden beri gıda, aydınlatma, kozmetik ve tıbbi amaçlar için kullanıldılar. Ancak, başka hiçbir sıvı ya da katı

yağ, zeytin ağacının meyvesinden elde edilen yağ kadar kültürün ve ekonominin bir parçası olabilmiş, insanların kalpleri ve zihinleriyle iç içe geçmiş ya da Batı uygarlığının yükselişinde onun kadar önemli bir rol oynayabilmiş değildir.

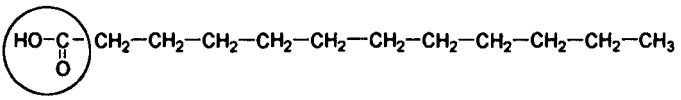
Zeytinyağı ile başka herhangi bir sıvı ya da katı yağ arasındaki kimyasal farklar çok küçüktür. Ama daha önce de belirttiğimiz gibi, çok küçük bir fark bile insanlık tarihinin izlediği rotanın çok büyük bir bölümünden sorumludur. Biz, zeytinin (Yun. *elaia*; Lat. *oliva*) ve zeytinyağını öteki sıvı ve katı yağlardan farklı kılan molekülün onuruna oleik asit adı verilen bileşik olmasa, Batı uygarlığı ve demokrasisinin gelişiminin çok farklı bir yol izleyeceğini iddia etmenin fazla spekülatif olmayacağı düşüncesindeyiz.

Katı ve sıvı yağlar trigliseritler olarak bilinir. Hepsi, (gliserin de denen) gliserol molekülü ve üç yağ asidi molekülünden oluşan bileşiklerdir.



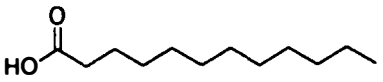
Gliserol molekülü

Yağ asitleri, bir ucunda bir asit grubu –COOH (ya da HOOC)– bulunan uzun karbon atomu zincirleridir.



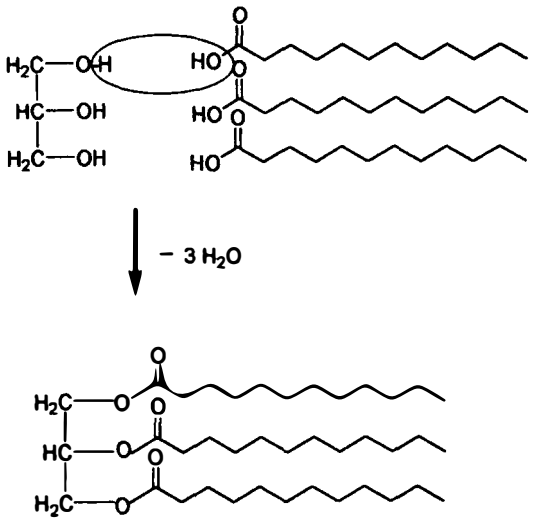
On iki karbon atomlu bir yağ asidi molekülü. Soldaki asit grubu daire içinde gösterilmiştir.

Basit moleküller olmalarına karşın yağ asitleri çok sayıda karbon atomu içerir. Daha kolay anlaşılmaları için bunlar genelde her kesişme noktasının ve çizginin her iki ucunun birer karbon atomunu temsil ettiği ve hidrojen atomlarının büyük çoğunluğunun gösterilmediği zigzag formatında çizilirler.



Bu yağ asidi molekülünde on iki karbon atomu bulunuyor.

Gliseroldeki üç OH grubundaki H ile, üç farklı yağ asidi molekülündeki HOOC'ler arasında üç su molekülü (H_2O) açığa çıktığında bir trigliserit molekülü oluşur. Bu yoğunlaşma süreci –H_2O'nun kaybıyla moleküllerin birleşmesi– polisakkaritlerin oluşumuna benzer (bkz. 4. Bölüm).



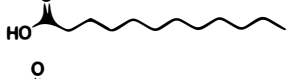
Gliserol ve üçlü yağ asidi

birleşerek

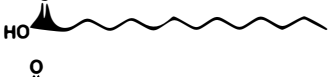
bir trigliserit oluşturuyor

Yukarıda gösterilen trigliserit molekülündeki üç yağ asidi de aynıdır. Ama yağ asidi moleküllerinden yalnızca ikisinin aynı olması da mümkündür. Hatta üçü de farklı olabilir. Katı ve sıvı yağlardaki gliserol bölümü aynıdır. Değişen, yağ asitleridir. Az önceki örnekte doymuş yağ asidi denen bir bileşik kullandık. Burada "doymuş" derken kastedilen, hidrojenle doyurulmuş olmasıdır. Bu durumda, daha çok hidrojen atomu eklenebilmesi için kırılabilecek ikili kar-

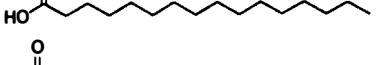
bon-karbon bağları bulunmadığından, molekülün yağ asidi bölümüne daha fazla hidrojen eklenemez. Bir yağ asidinde böyle (karbondan karbona ikili) bağlar bulunuyorsa buna "doymamış" denir. En çok bulunan doymuş yağ asitlerinden bazıları şunlardır:



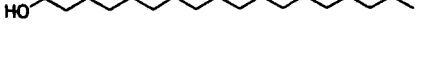
Laurik asit – on iki karbon atomu



Miristik asit – on dört karbon atomu



Palmitik asit – on altı karbon atomu

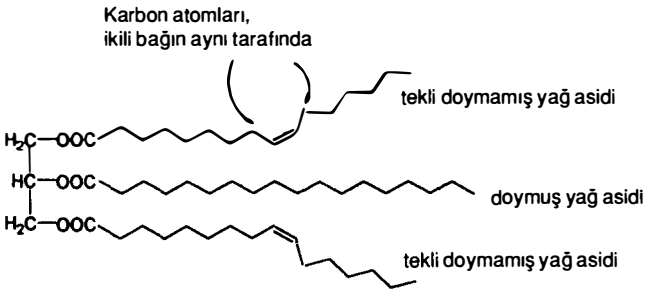


Stearik asit –
on sekiz karbon atomu

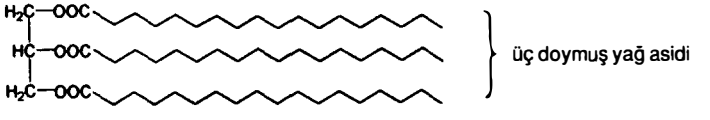
Adlarına bakarak, stearik asidin ana kaynağının sığır etinden (*steak*) elde edilen içyağı, palmitik asidin de palmiye yağının bir bileşeni olduğunu tahmin etmek zor olmasa gerek.

Yağ asitlerinin neredeyse tümünde çift sayıda karbon atomu vardır. Başkalarının da bulunmasına karşılık, yukarıda gösterilenler en yaygın yağ asitleridir. Tereyağı (Yun. *boutyron*, Lat. *butyrum*, İng. *butter*) yalnızca dört karbonu olan butirik asit içerirken, yine tereyağında ve ayrıca keçi sütündeki yağda bulunan kaproik asit (ismi Latincede "keçi" demek olan *caper*'den gelir) altı karbon atomuna sahiptir.

Doymamış yağ asitlerinde en az bir tane ikili karbon-karbon bağı bulunur. Bu ikili bağlardan yalnızca bir tane varsa, aside "tekli doymamış" denir. Birden fazla ikili bağ olduğundaysa "çoklu doymamış" yağ asidi adını alır. Aşağıda gösterilen trigliserit, iki adet tekli doymamış yağ asidiyle bir doymuş yağ asidinden oluşmuştur. Uzun zincirdeki karbon atomları ikili bağın aynı tarafında olduklarından, ikili bağlar diziliş itibariyle cis biçimindedir. Bu durum zincirde bir bükülme meydana getirdiğinden, bu tür trigliseritler aşağıda gösterilen doymuş yağ asitlerinden oluşan trigliseritler kadar sıkı demetler oluşturamazlar.



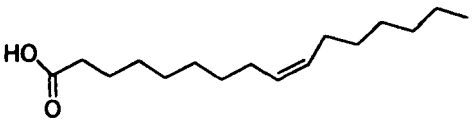
Tekli doymamış iki yağ asidi ve bir doymuş yağ asidinden oluşan trigliserit



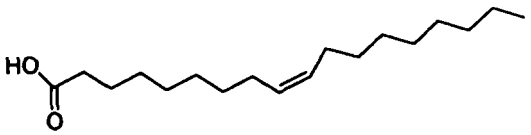
Üç doymuş yağ asidinden oluşan trigliserit

Bir yağ asidinde ne kadar çok ikili bağ bulunursa o kadar çok bükülür ve bunların deste halinde bir araya toplanarak oluşturduğu paketler de o kadar gevşek olur. Daha gevşek paketlenmeyse, molekülleri bir arada tutan güçlere üstün gelmek için daha az enerji gerektirir, dolayısıyla da paketler daha düşük sıcaklıklarda dağılır. Daha yüksek oranlarda doymamış yağ asitleri içeren trigliseritler, oda sıcaklığında katıdan çok sıvı olma eğilimindedir. Sıvı yağ dediğimiz bu yağların büyük çoğunluğu bitki kaynaklıdır. Sıkı paketlenen doymuş yağ asitleri, moleküllerin ayrılması için daha fazla enerji gerektirir ve dolayısıyla daha yüksek sıcaklıklarda erir. Sıvı yağlara kıyasla daha yüksek oranda doymuş yağ asidi içeren hayvan kaynaklı trigliseritler oda sıcaklığında katıdır. Bunlara da katı yağlar deriz.

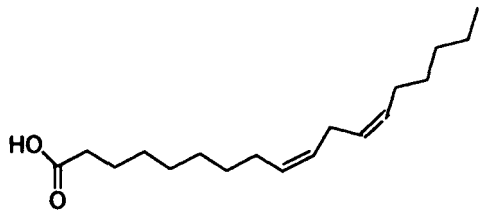
Yaygın olarak bulunan bazı doymamış yağ asitleri şunlardır:



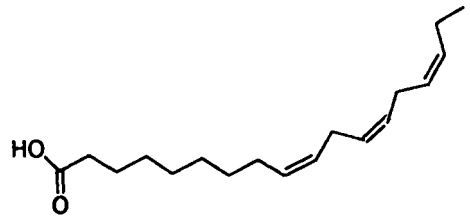
Palmitoleik asit – on altı karbon – tekli doymamış



Oleik asit – on sekiz karbon – tekli doymamış



Linoleik asit – on sekiz karbon – çoklu doymamış



Linolenik asit – on sekiz karbon – çoklu doymamış

Tekli doymamış, on sekiz karbonlu oleik asit, zeytinyağındaki temel yağ asididir. Oleik asidin başka sıvı yağlarda ve birçok katı yağda da bulunmasına karşın, zeytinyağı bu yağ asidinin en önemli kaynağıdır. Zeytinyağı, öteki yağların hepsinden daha fazla oranda tekli doymamış yağ asidi içerir. Zeytinyağındaki oleik asit oranı yüzde 55'ten yüzde 85'e kadar değişir. Zeytinin çeşidine ve yetiştirilme koşullarına bağlı olmak kaydıyla, genelde daha serin yerlerde yetişen zeytinde, sıcak yerlerdeki ürüne kıyasla daha fazla oleik asit bulunur. Bugün elimizde, yüksek oranda doymuş yağ içeren bir diyetin kalp hastalığına yol açabileceğini gösteren inandırıcı kanıtlar var. Bol miktarda zeytinyağı –ve oleik asit– tüketilen Akdeniz bölgesinde kalp hastalığı vakaları daha az. Doymuş katı yağların serum kolesterol derişimlerini artırdığı, çoklu doymamış katı yağlarla sıvı

yağlarınsa bu düzeyleri düşürdüğü biliniyor. Oleik asit gibi tekli doymamış yağ asitlerinin serum kolesterol düzeyi (kandaki kolesterol düzeyi) üzerinde nötr bir etkisi vardır.

Kalp hastalığıyla yağ asitleri arasındaki ilişkide bir faktörün daha rolü vardır: (HDL olarak da bilinen) yüksek yoğunluklu lipoproteinin, (LDL diye bilinen) düşük yoğunluklu lipoproteine oranı. Bir lipoprotein kolesterol, protein ve trigliseritlerin suda erimeyen bir birikimidir. Çoğu kez "iyi" lipoproteinler diye adlandırılan yüksek yoğunluklu lipoproteinler, hücrelerde aşırı ölçüde birikmiş kolesterolü alarak yok edilmek üzere karaciğere geri götürür. Böylelikle fazladan kolesterolün atardamar çeperlerinde birikmesi önlenmiş olur. "Kötü" lipoproteinler yani LDL'ler kolesterolü karaciğerden ya da incebağırsaktan, yeni oluşmuş ya da gelişmekte olan hücrelere taşırlar. Bunun gerekli bir işlev olmasına karşılık, kan dolaşım sisteminde çok fazla olduğunda kolesterol atardamar çeperlerinde plakalar halinde birikir ve daralmalarına yol açar. Kalp kaslarına giden koroner atardamarlar tıkanırsa, bunun sonucu olarak azalan kan akışı göğüs ağrılarına ve kalp krizine neden olur.

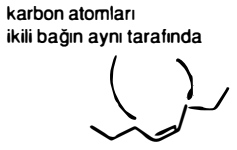
Kalp hastalığı riskinin belirlenmesinde HDL'nin LDL'ye oranı ve toplam kolesterol düzeyi önemlidir. Her ne kadar çoklu doymamış trigliseritlerin serum kolesterol düzeylerini düşürmede olumlu etkileri varsa da, bunlar HDL:LDL oranını da düşürür ki bu da olumsuz bir etkiye sahiptir. Zeytinyağı gibi tekli doymamış trigliseritlerse, serum kolesterol düzeylerini düşürmeden HDL:LDL oranını, yani iyi lipoproteinin kötü lipoproteine olan oranını yükseltir. Doymuş yağ asitleri arasında palmitik (C_{16}) ve laurik (C_{12}) asitler LDL düzeylerini önemli ölçüde yükseltir. Tropikal yağlar denen ve bu yağ asitlerinin yüksek oranlarda bulunduğu hindistan cevizi, palmiye ve palmiye tohumu yağları, hem serum kolesterolü hem de LDL düzeylerini yükselttiklerinden kalp hastalığına yol açmaya özellikle uygundur.

Zeytinyağının sağlıklı özelliklerine eski Akdeniz toplumlarınca büyük değer verilmesine ve uzun ömür sağladığına inanılmasına karşın, bu inanışların dayandığı kimyasal bilgi ortada yoktu. Temel diyet sorununun yeterli kalorinin alınıp alınamadığı olduğu zamanlarda serum kolesterolü düzeyleri ve HDL:LDL oranları herhalde

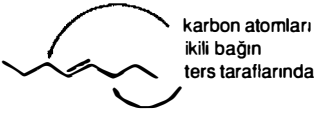
kimsenin aklına gelmezdi. Yüzyıllar boyu insanların diyetlerindeki başlıca trigliserit kaynağının hayvansal yağlar olduğu ve ortalama ömrün kırk yılın altında kaldığı kuzey Avrupa'da, nüfusun çok büyük bölümü için atardamarların sertleşmesi bir sorun değildi. Ekonomik refaha paralel olarak ortalama yaşam süresinin ve doymuş yağ asidi tüketiminin artmasından sonradır ki, koroner kalp hastalığı başlıca ölüm nedenlerinden biri haline geldi.

Zeytinyağı kimyasının başka bir özelliği daha bu yağın antik dünyadaki önemine katkıda bulunmuştu. Bir yağ asidinde karbondan karbona ikili bağların sayısı arttıkça, yağın oksitlenme, yani bayatlama eğilimi de artar. Zeytinyağında çoklu doymamış yağ asitlerinin oranının öteki yağlara kıyasla çok daha düşük olması ve genelde yüzde 10'un altında bulunması, ona ötekilerin hemen hepsinden daha uzun bir raf ömrü kazandırır. Dahası, zeytinyağı küçük miktarlarda (doğal gıda koruyucuları olarak önemli bir rol oynayan antioksidan moleküller olan) polifenoller ile E ve K vitaminleri de içerir. Zeytinlerden yağ elde etmek için geleneksel soğuk pres yönteminin kullanılması, yüksek sıcaklıklarda tahrip olabilecek bu moleküllerin korunmasını sağlar.

Günümüzde yağların kararlılığını artırarak raf ömürlerini uzatmanın bir yolu, hidrojenasyon denen, doymamış yağ asitlerinin ikili bağlarına hidrojen atomları ekleme süreciyle bu ikili bağların bazılarını yok etmektir. Bunun sonuçlarından biri de daha katı bir trigliserittir. Bu, yağları tereyağı benzerleri olan margarinlere dönüştürmede kullanılan yöntemdir. Ne var ki hidrojenasyon süreci, geriye kalan ikili bağları cis düzeninden, zincirdeki karbon atomlarının ikili bağın her iki tarafında bulunduğu trans düzenine çevirir. Trans yağ asitlerinin de LDL düzeylerini yükselttiği biliniyorsa da, bu etki doymuş yağ asitlerininki kadar güçlü değildir.



Cis ikili bağ



Trans ikili bağ

ZEYTİNYAĞI TİCARETİ

Zeytinlerde antioksidan olarak bulunan doğal koruyucular Eski Yunan'ın yağ tacirleri için hayati önem taşıyor olmalıydı. Bu uygarlık, ortak bir dilleri, ortak bir kültürleri olan ve buğday, arpa, üzüm, incir ve zeytinden oluşan ortak bir tarım ekonomisi temeline sahip şehir devletlerinin gevşek bir topluluğuydu. Akdeniz kıyısı çevresindeki topraklar yüzyıllar boyu şimdi olduğundan daha ormanlıktı; toprak daha verimliydi ve pınarlardan gelen su daha boldu. Nüfus arttıkça tarım küçük vadilerden kıyıdaki dağların yamaçlarına yayılmaya başladı. Dik ve taşlık yerlerde yetişebilme ve kuraklığa dayanabilme yeteneği sayesinde zeytin ağacı giderek daha büyük önem kazandı. Yağı, bir ihraç metası olarak daha da değerliydi; çünkü MÖ altıncı yüzyılda Atinalı Solon, zeytin ağaçlarının kontrolsüz kesimini yasaklayan katı yasaların yanı sıra, zeytinyağını da ihraç edilebilecek tek tarım ürünü ilan etmişti. Böyle olunca da kıyılardaki ormanlar kesilerek yerlerine zeytin ağaçları dikilmişti.

Zeytinyağının ticari değeri kendisini hemen belli ediyordu. Şehir devletler birer ticaret merkezi haline geldi. Yelkenle ya da kürekle hareket eden ve yüzlerce yağ testisi taşımak üzere inşa edilmiş büyük gemiler Akdeniz'in her tarafında ticaret yapıyor ve metal, baharat, kumaş ve uzak limanlarda alınabilecek başka şeylerle yüklü olarak limanlarına dönüyorlardı. Ticareti koloniler kurulması izledi; MÖ altıncı yüzyıla gelindiğinde Helen dünyası Ege'nin çok ötelerine yayılmıştı: batıda İtalya, Sicilya, Fransa ve Balear Adaları; doğuda Karadeniz kıyıları ve hatta Güney Akdeniz'de Libya kıyıları.

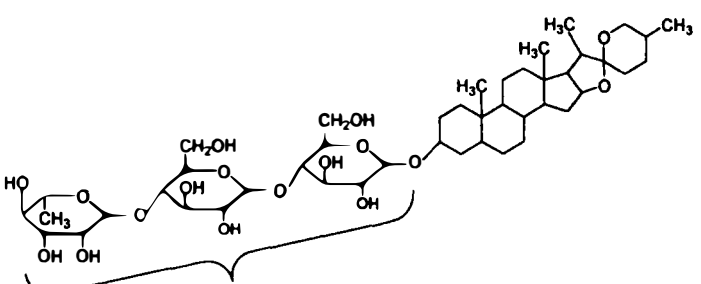
Gelgelelim Solon'un zeytinyağı üretimini geliştirmek için uyguladığı yöntemin Yunanistan'da bugün bile gözlenebilen çevresel sonuçları oldu. Yok edilen ormanlık alanlar ve artık ekimi yapılmayan tahılların lifimsi kökleri, suyu toprak yüzeyinin yakınından çekiyor ve çevredeki toprağı bağlıyordu. Zeytin ağacının uzun kazık köküyse suyu derindeki katmanlardan çekiyor ve üst toprak üzerinde herhangi bir bağlayıcı etkide bulunmuyordu. Pınarlar giderek kurudu, üst toprak akıp gitti ve arazi erozyona uğradı. Bir zamanlar tahıl üreten tarlalar ve bağlarla bezenmiş yamaçlar artık bu ürünleri destek-

leyemez oldu. Koyun, sığır gibi hayvanlar ender görülmeye başladı. Yunanistan adeta zeytinyağında yüzüyor ama öteki gıda maddelerinin giderek daha fazla miktar ve çeşitlilikte ithal edilmesi gerekiyordu ki, bu büyük bir imparatorluğun yönetimi açısından önemli bir sorundu. Klasik çağda Yunanistan'ın gerileyişi için birçok neden sayılmıştır: birbirleriyle savaşan şehir devletler arasındaki iç çekişmeler, on yıllarca süren savaşlar, etkin bir liderliğin olmaması, dini geleneklerin çöküşü, dış saldırılar. Belki bir tane de biz ekleyebiliriz: değerli tarım arazilerinin zeytinyağı ticaretinin gereksinimlerine kurban edilmesi.

ZEYTİNYAĞINDAN SABUN

Zeytinyağı, antik Yunan'ın çöküşünde rol oynamış olabilir; ama MS sekizinci yüzyıl civarında bir zeytinyağı ürününün, sabunun ortaya çıkışı, Avrupa toplumu için daha da önemli sonuçlar doğurmuş olabilir. Bugün sabun öylesine sıradan bir meta ki, insan uygarlığında ne kadar önemli bir rol oynamış olduğunu fark etmiyoruz bile. Bir an için sabun –ya da deterjan, şampuan, çamaşır tozu veya benzer ürünler– olmayan bir yaşamı düşünün. Sabunun temizleyici özelliğini hepimiz verili kabul ediyoruz. Oysa sabun olmadan günümüzün mega kentleri de var olamazdı. O koşullarda pislik ve hastalık yaşamı tehlikeli hatta belki de olanaksız kılardı. Günümüzün büyük metropollerinden çok daha az nüfusa sahip ortaçağ kentlerindeki pislik ve sefaleti yalnızca sabunun yokluğuna bağlayamayız; ama bu önemli bileşik olmadan temizliği sağlamanın ve sürdürmenin son derece güç olduğu da bir gerçek.

Yüzyıllar boyunca insanlar bazı bitkilerin temizleme gücünden yararlandılar. Bu tür bitkilerde glikozidik (şeker içeren) bileşikler olan saponinler bulunur. Sabunotu (çöven), sabundudu, sabunzambağı, sabunkabuğu, sabunkökü gibi bitki isimleri, çok geniş bir yelpazedeki saponinli bitkilerin özellikleri konusunda ipucu veriyor. Bunlar arasında zambak ailesinin üyeleri, kartal eğreltisi, bazı karanfil türleri, yukka türleri, sedefotları, bazı akasya türleri ve *Sapindus* cinsinden bitkiler bulunur. Bu bitkilerin bazılarından elde edi-



Saparna (sarsaparilla) bitkisinden elde edilen saponin olan sarsasaponin

len özütler çok ince bir köpük oluşturdukları ve çok yumuşak bir temizleyici etkileri olduğu için bugün hâlâ hassas kumaşları yıkamakta ya da şampuanlarda kullanılıyor.

Sabun yapma süreci büyük olasılıkla rastlantısal bir keşifti. Odun ateşinde yemek pişirenler, yiyeceklerden küllere damlayan katı ve sıvı yağların suyu köpürten bir madde oluşturduğunu fark etmiş olmalılar. Bu maddenin yararlı bir temizlik aracı olduğunu ve katı ve sıvı yağlarla odun külü kullanılarak üretilebildiğini kavramaları da herhalde çok zaman almamıştır. Farklı uygarlıklarda sabun üretimini gösteren kanıtlara bakılacak olursa, bu keşifler dünyanın birçok bölgesinde yapılmış olmalı. Neredeyse beş bin yıl öncesine, Babilliler zamanına ait kalıntılarda yapılan kazılarda, içinde tarifiyle birlikte bir tür sabun bulunan kilden silindirler ortaya çıkarılmıştır. MÖ 1500 yıllarına ait Mısır kayıtları, katı yağlarla odun külünden sabun yapıldığını gösteriyor; sabunun yüzyıllardır tekstil ve boya imalatında kullanıldığına dair de pek çok belge bulunuyor. Galyalıların saçlarını parlatmak ya da kızıllaştırmak için keçi yağları ve potastan yapılan bir sabun kullandıkları biliniyor. Bu sabun aynı zamanda saçları sertleştirmek için pomat haline de getiriliyordu, yani ilk saç jellerinden biri sayılabilirdi. Keltlerin de sabun yapmayı keşfedip yıkanma ve çamaşır yıkamada kullandıkları biliniyor.

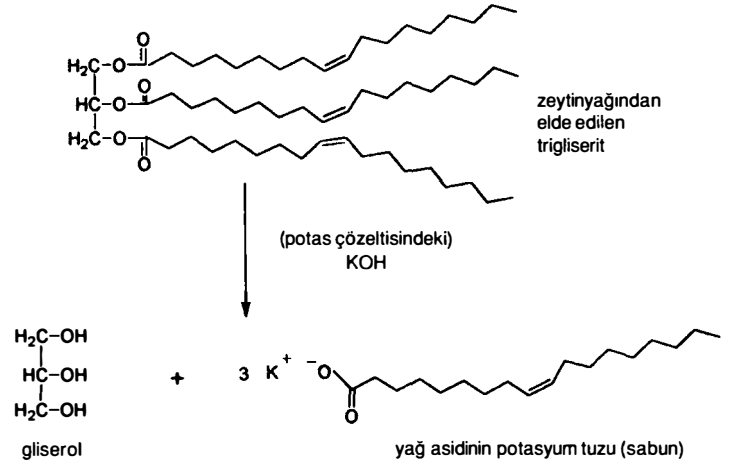
Roma efsaneleri sabun yapımının, Tiber Nehri'nin Sapo Dağı'ndaki tapınağın altında kalan bölümünde çamaşır yıkayan kadınlarca

keşfedildiğinden söz eder: Anlatıldığına göre tapınakta kurban edilen hayvanların yağları adak törenlerinde yakılan ateşin külleriyle karışırmış. Yağmur yağdığında bu atıklar yamaçlardan aşağı akarak Tiber Nehri'ne karışıp sabunumsu birikintiler oluşturur, çamaşır yıkayan Romalı kadınlar da bunları kullanırmış. Katı ve sıvı yağlardaki trigliseritlerin küllerdeki alkalilerle bir araya gelmesiyle gerçekleşen tepkime için kullanılan kimyasal terim "saponifikasyon" dur ve birçok dilde sabun için kullanılan sözcükler Sapo Dağı'nın adından gelir.

Sabun Roma İmparatorluğu zamanında imal edilmesine karşın, genel olarak çamaşır yıkamada kullanılıyordu. Eski Yunanlılarda olduğu gibi Romalılarda da kişisel temizlik, vücudun bir zeytinyağı ve kum karışımıyla ovulmasından ve daha sonra da özel olarak bu amaç için yapılan ve strigil diye adlandırılan kıvrık bir metal çubukla kazınmasından ibaretti. Yağ, kir ve ölü deri bu yöntemle temizlenmiş oluyordu. İmparatorluğun sonraki yüzyıllarında sabun yavaş yavaş banyo için de kullanılmaya başladı. Sabun ve sabun yapımı, Roma kentlerinin ortak bir özelliği olan ve imparatorluğun her yanına yayılan halk hamamlarıyla özdeşleşmiş olmalı. Roma İmparatorluğu gerilemeye başladığındaysa, paralel olarak sabun yapımı ve kullanımı –Bizans İmparatorluğu ve Arap dünyasında kullanılmaya devam etse de– Batı Avrupa'da azaldı.

Sekizinci yüzyılda İspanya ve Fransa'da zeytinyağı kullanarak sabun yapma zanaatında bir canlanma görüldü. Süreç sonunda elde edilen ve İspanya'daki bir bölgeye atfen "kastilya" diye adlandırılan sabun, çok yüksek kaliteli, saf, beyaz ve parlaktı. Kastilya sabunu Avrupa'nın başka bölgelerine de ihraç ediliyordu ve on üçüncü yüzyıla gelindiğinde İspanya ve Güney Fransa bu lüks meta sayesinde ün kazanmıştı. Kuzey Avrupa'nın hayvan ve balık yağlarıyla yapılan sabunlarıysa kötü kaliteliydi ve genelde kumaşların yıkanmasında kullanılıyordu.

Sabun yapımında kullanılan ve saponifikasyon diye adlandırılan tepkimede, potasyum hidroksit (KOH) ya da sodyum hidroksit (NaOH) gibi birer alkali ya da baz aracılığıyla trigliserit, yağ asitleri ve gliserol bileşenlerine ayrılır.



Oleik asidin bir trigliserit molekülünü gliserol ve üç sabun molekülüne dönüştüren saponifikasyon tepkimesi.

Potasyum sabunları yumuşak, sodyumla yapılanlarsa sert olur. Yanan odun ve turbanın (çürümüş bitkilerden oluşan bataklık kömürü) geride bıraktığı odun külü en kolay bulunan alkali kaynağı olduğundan, ilk başlarda yapılanların büyük çoğunluğu potasyum sabunları olmalı. Potas (İngilizcede *potash*: içinde ateş yakılan toprak çanakta [*pot*] kalan kül [*ash*] anlamında) potasyum karbonattır (K_2CO_3) ve suda hafif alkali bir çözelti oluşturur. Soda külünün (sodyum karbonat, Na_2CO_3) bulunabildiği yerlerdeyse sert sabunlar üretiliyordu. Bazı kıyı bölgelerinde –özellikle İskoçya ve İrlanda'da– önemli bir gelir kaynağı, çeşitli suyosunlarını toplayıp yakarak soda külü elde etmekti. Suda eritilen soda külü de alkalin bir çözelti oluşturur.

Halk hamamlarının varlıklarını sürdürmelerine ve ortaçağ sonlarına kadar birçok kentte bulunmalarına karşın, Avrupa'da yıkanma âdeti Roma İmparatorluğu'yla birlikte ortadan kalkmaya başladı. On dördüncü yüzyılda başlayan veba yıllarında kent yetkilileri, Kara Ölüm'ün yayılmasına katkıda bulunduğundan korktukları halk hamamlarını kapatmaya başladılar. On altıncı yüzyıla gelindiğinde yıkanmak popüler olmaktan çıkmakla kalmamış, tehlikeli, hatta gü-

nah olarak görülmeye başlamıştı. Parası olanlar vücut kokularını esans ve parfümlere belenerek bastırıyorlardı. Pek az evde banyo vardı. Yılda bir kez yıkanmak yeterli sayılıyordu. Yıkanmamış vücutlardan yayılan koku dayanılmaz olmalıydı. Yine de bu yüzyıllarda sabun aranan bir metaydı. Zenginler giysilerini ve çarşaflarını yıkatıyorlardı. Sabun kapkacağın, tabakların, çatal-bıçağın, yerlerin ve tezgâhların temizlenmesinde de kullanılıyordu. Eller –ve bir ihtimal yüzler– sabunla yıkanıyordu. İyi gözle bakılmayan, tüm vücudun, özellikle de çıplak olarak yıkanmasıydı.

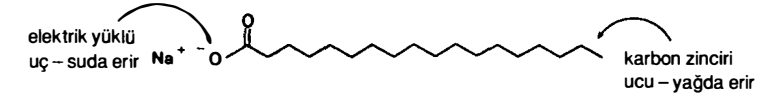
İngiltere'de ticari sabun üretimi on dördüncü yüzyılda başladı. Kuzey Avrupa ülkelerinin çoğunda olduğu gibi sabun, sığırların oleik asit içeriği yüzde 48 olan içyağından yapılıyordu. İnsan yağındaysa yüzde 46 oranında oleik asit bulunur. Bu iki yağ hayvanlar âleminde en yüksek oranda oleik asit içerenler arasındadır. (Karşılaştırmak açısından, tereyağındaki yağ asitlerinin oranı yaklaşık yüzde 27, balina yağındaysa yüzde 35 kadardır.) İngiltere tahtına I. Charles'ın çıktığı 1628 yılında sabun imalatı önemli bir işkoluydu. Parlamentonun vergilerin yükseltilmesi önerilerini onaylamaması nedeniyle acil bir gelir kaynağı bulmak zorunda kalan Charles sabun üretimi için tekel haklarını sattı. Geçim kaynaklarının kaybına kızan öteki sabun üreticileri desteklerini parlamento tarafına çevirdiler. Dolayısıyla sabunun 1642-52 yıllarındaki İngiltere iç savaşının, I. Charles'ın idamının ve İngiltere tarihindeki tek cumhuriyetin kurulmasının nedenlerinden biri olduğu söylenir. Ne var ki sabun üreticilerinin desteği öyle hayati bir etmen olamayacağına göre bu iddia biraz havada kalıyor. Kralla parlamento arasındaki önemli çekişme konuları olan vergi politikalarının yanı sıra din ve dış politika üzerindeki görüş ayrılıkları daha olası nedenler gibi görünüyor. Nedenleri her ne olursa olsun kralın devrilmesi sabun üreticilerine fazla yarar sağlamadı; çünkü ardından gelen Püriten rejim tuvalet malzemelerini saçmalık olarak değerlendirdi ve Püritenlerin lideri, İngiltere'nin "Koruyucu Lordu" (Devlet Başkanı) Oliver Cromwell sabuna ağır vergiler getirdi.

Bununla birlikte sabunun, İngiltere'de çocuk ölümlerinde on dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısında meydana gelen belirgin azalmayı sağlamış olduğu söylenebilir. On sekizinci yüzyılın sonlarında Sa-

nayi Devrimi'nin başlamasından itibaren halk fabrikalarda iş bulabilmek için kentlere akın etmişti. Kent nüfusunun bu hızlı artışını gecekondu yerleşimlerinin olumsuz koşulları izledi. Kırsal toplumlarda sabun yapımı temel olarak bir ev zanaatıydı. Çiftlik hayvanlarının kesiminden sonra saklanan içyağı ve diğer katı yağların bir gece öncesinin külleriyle pişirilmesi, kaba ama ucuz bir sabun üretilmesini sağlıyordu. Kentte yaşayanlarınsa benzer bir yağ kaynakları yoktu. Ancak kasaplardan satın alınabilen sığır yağları da sabun yapımına harcanamayacak kadar değerli bir besin maddesiydi. Odun külü bulmak da kolay değildi. Kentlerdeki yoksulların yakıtı kömürdü ve kullanılabilecek az miktardaki kömür külü, yağı sabunlaştırmak için gereken alkali açısından iyi bir kaynak değildi. Yeterli malzeme bulunabilse bile, fabrika işçilerinin çoğunun yaşadıkları yerlerde en iyi olasılıkla derme çatma bir mutfak vardı ve sabun yapmak için yeterli alan ve ekipman bulunmuyordu. Dolayısıyla sabun artık evlerde yapılamıyordu. Piyasada satılan sabunların fiyatları da fabrika işçilerinin imkânlarının ötesindeydi. Zaten yeterli düzeyde olmayan hijyen standartları böylece daha da düştü ve pis yaşam koşulları çocuk ölüm oranlarının yükselmesine yol açtı.

Ancak, on sekizinci yüzyılın sonunda Nicolas Leblanc adlı bir Fransız kimyacı tuzdan soda külü elde etmek için etkili bir yöntem keşfetti. Bu alkalinin uygun fiyatı, yağların daha kolay bulunur hale gelmesi ve 1853 yılında sabun üzerindeki bütün vergilerin kaldırılması, sabunun fiyatını yaygın kullanıma olanak sağlayacak kadar düşürdü. Çocuk ölümlerinde aşağı yukarı bu tarihte başlayan düşüş, sabun ve suyun basit ama etkili temizleme gücüyle açıklanmıştır.

Sabun molekülleri temizleme güçlerini yapılarından alır. Molekülün bir ucu elektrik yükü taşıyıp suda çözünürken, öteki ucu suda çözünmez ve ancak sıvı ve katı yağlar gibi maddelerde erir. Sabun molekülünün yapısı şöyledir:

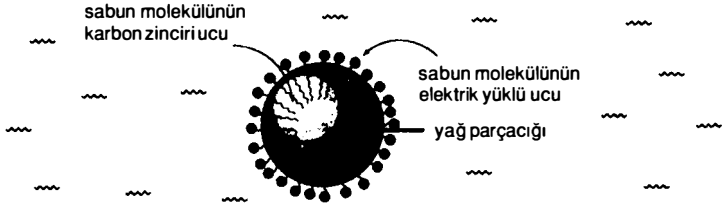


Sığır içyağından yapılan bir sabun molekülü olan sodyum stearat molekülü

Bu yapı şöyle de temsil edilebilir:



Bir sonraki çizim, bu moleküllerin birçoğunun karbon zinciri uçlarının bir yağ parçacığının içine girerek *misel* denen bir küme oluşturmalarını gösteriyor. Sabun moleküllerinin negatif elektrik yüklü kısımları dış tarafta toplandığından sabun miselleri birbirlerini iterler ve suyla atılırken yağ parçacığını da birlikte götürürler.



Sudaki bir sabun miseli. Sabun moleküllerinin elektrik yüklü uçları suyun içinde kalırken, karbon zincirinden oluşan uçları yağ parçacığının içine gömülüyor.

Sabunun binlerce yıldır yapılıyor ve yüzlerce yıldır da ticari olarak üretiliyor olmasına karşın, oluşumunun kimyasal ilkeleri çok uzun bir süre anlaşılamadı. Sabun birbirlerinden hayli farklı görünen çok çeşitli maddelerden –zeytinyağı, içyağı, palmiye yağı, balina yağı, domuz yağı– yapılabildiğinden ve bu maddelerin kimyasal yapıları on dokuzuncu yüzyılın başlarına kadar bilinmediğinden, bunların trigliserit yapılarının temeldeki benzerliğinin farkına varılamamıştı. Sabun kimyasının anlaşılması on dokuzuncu yüzyılın ortalarını buldu. O zamana kadarsa yıkanmaya karşı davranışlarda toplumsal değişimler, işçi sınıfının giderek yükselen refahı ve hastalıkla temizlik arasındaki ilişkinin anlaşılması, sabunu günlük yaşamın vazgeçilmez bir parçası haline getirmişti. Farklı katı ve sıvı yağlardan yapılan güzel tuvalet sabunları zeytinyağından yapılan

kastilya sabununun uzun süren üstünlüğünü sona erdirmiş olsa bile, şurası bir gerçek ki, neredeyse bin yıl süreyle belli ölçüde de olsa bir kişisel temizlik düzeyinin korunabilmiş olmasını kastilya sabununa, dolayısıyla da zeytinyağına borçluyuz.

Günümüzde zeytinyağına kalp sağlığı üzerindeki olumlu etkileri ve yemeklere kattığı lezzet nedeniyle değer veriliyor; ortaçağda sabun yapma geleneğinin yaşatılması, dolayısıyla da pislik ve hastalıkla mücadelede oynadığı rolse o kadar bilinmiyor. Yine de zeytinyağının eski Yunan'a getirdiği varlık, sonuçta o kültürün bugün de değer verdiğimiz ideallerinin gelişmesini sağladı. Günümüz Batı uygarlığının kökleri, Klasik Yunan'ın siyasi kültüründe gelişmiş fikirlerde yatıyor: demokrasi ve kendi kendini yönetme kavramları, felsefe, mantık ve mantıksal araştırmalar, bilimsel ve matematiksel araştırmalar, eğitim ve sanat.

Yunan toplumunun refahı, binlerce yurttaşın sorgulama ve araştırma sürecine, fikir tartışmalarına ve politik tercihlere katılmasını sağladı. Erkekler (kadınlar ve köleler vatandaş sayılmıyordu) kendi yaşamlarını ilgilendiren konularda öteki eski çağ toplumlarının hiçbirinde görülmedik ölçüde söz sahibiydi. Zeytinyağı ticareti toplumsal refahı sağladı; bunu da eğitim ve sosyal katılım izledi. Eski Yunan'ın –günümüz demokratik toplumlarının temeli sayılan– parlak başarılarına oleik asidin trigliseritleri olmadan erişilemezdi.

15

TUZ

BİLDİĞİMİZ TUZUN –kimyasal formulü NaCl olan sodyum klorür– tarihi, insanlığın uygarlık tarihine koşuttur. Tuz öylesine değer verilen, öylesine gerekli ve öylesine önemli bir maddedir ki, yalnızca küresel ticarette değil ekonomik yaptırım ve tekellerde, savaşlarda, kentlerin gelişmesinde, sosyal ve politik kontrol sistemlerinde, endüstriyel atılımlarda ve nüfus hareketlerinde de büyük bir oyuncu olarak önemli rol oynamıştır. Günümüzde tuz bir bilmecedir. Yaşam için son derece gerekli bir maddedir –o olmazsa ölürüz– ama bir yandan da sürekli olarak vücudumuza aldığımız tuz miktarına dikkat etmemiz söylenir; çünkü tuz öldürebilir de. Şimdilerde fiyatı ucuz olan tuzu muazzam miktarlarda üretip kullanıyoruz. Ne var ki, kayıtlı tarihin neredeyse tümü ve tarihte hiçbir kaydı olmayan daha önceki yüzyıllar boyunca tuz değerli bir maddeydi ve genelde çok pahalıydı. On dokuzuncu yüzyılın başında sıradan bir insan bugün buzları eritmek için koca tuz tepelerini yollara döktüğümüze inanmakta zorlanırdı.

Kimyacıların çabalarıyla başka birçok molekülün fiyatı da, ya söz konusu bileşiği artık laboratuvarlarda ve fabrikalarda sentezleyebildiğimiz (örneğin askorbik asit, kauçuk, indigo, penisilin) ya da son derece benzer özellikler taşıdıklarından doğal olanları önemsizleştirip yerlerini alabilecek yapay bileşikler (tekstiller, plastikler ve anilin boyalar) üretebildiğimiz için düşmüş bulunuyor. Bugün yiyecekleri korumak için yeni kimyasallar (soğutucu maddeler) kullandığımızdan, baharat molekülleri bir zamanlar taşıdıkları fiyat eti-

ketlerini koruyamıyor. Başka birtakım kimyasallar (haşere öldürücüler ve yapay gübreler) tarımda ürün verimini, dolayısıyla da glukoz, selüloz, nikotin, kafein ve oleik asit arzını yükseltti. Ancak, tüm bileşikler içinde belki de en büyük üretim artışını ve en keskin fiyat düşüşünü gören tuz oldu.

TUZUN ELDE EDİLMESİ

İnsanlar tarih boyunca tuzu topladılar ya da ürettiler. Tuz üretiminin üç temel yönteminin hepsi –deniz suyunun buharlaştırılması, acı su kaynaklarındaki suyu kaynatarak tuz çözeltilerinin çıkarılması ve kayatuzu madenciliği– eski çağlarda kullanıldığı gibi günümüzde de kullanılıyor. Deniz suyunun güneşte buharlaştırılması tropikal kıyı bölgelerinde uygulanan en yaygın yöntemdi (ve bugün de öyle). Süreç yavaş olmakla birlikte ucuz. İlk başta deniz suyu yanan kömürlerin üzerine dökülüyor ve ateş söndüğünde tuzlar kömürlerin üzerinden kazınıyordu. Kıyılarda kayaların oluşturduğu doğal havuzların kenarlarından ise daha büyük miktarlar elde edilebiliyordu. Gelgitlerin etkili olduğu bölgelerde yapay sığ göller ya da "tavalar" oluşturup gerektiğinde bunları deniz suyuyla doldurmanın çok daha büyük miktarlarda tuz sağlayacağını tahmin etmek çok da zor olmamış olsa gerek.

Ham deniz tuzu kayatuzundan da acı su tuzundan da çok daha düşük kalitededir. Deniz suyu yaklaşık yüzde 3,5 oranında erimiş tuz içerse de bunun yalnızca üçte iki kadarı sodyum klorürdür; geri kalanıysa magnezyum klorür ($MgCl_2$) ve kalsiyum klorür ($CaCl_2$) karışımıdır. Bu son iki klorürün hem çözünürlüğü daha fazla olduğundan hem de sodyum klorüre kıyasla daha az bulunduklarından, tavadaki suda önce NaCl kristalleşir; böylece geri kalan tuzlu suyu boşaltarak (henüz eriyik durumda bulunan) $MgCl_2$ ve $CaCl_2$'den kurtulmak mümkün olur. Ama yine de geride deniz tuzuna daha keskin bir tat verecek kadarı kalır. Hem magnezyum hem de kalsiyum klorür havadaki suyu emici özelliktedir. Bu olduğunda, bu fazladan klorürleri içeren tuz topaklanır ve dökülmesi güçleşir.

Deniz suyunun buharlaştırılması en çok sıcak ve kuru iklimlerde etkili olurken, tuzların yüksek yoğunlukta –bazen deniz suyunun on

katı yoğunlukta– bulunduğu yeraltı kaynaklarından çıkan tuzlu su pınarları da, çevrede suyu kaynatarak içindeki tuzu çıkarmak için gereken ateşleri besleyecek kadar odun (yani ağaç) varsa, her iklim koşulunda yararlanılabilen mükemmel bir tuz kaynağıydı. Tuz üretimi için odun gereksinimi Avrupa'nın bazı bölgelerinde ormanların yok olmasına yol açtı. Gıdaları koruma kapasitesini azaltan magnezyum ve kalsiyum klorür tarafından kirletilmediğinden bu kaynaktan elde edilen tuz deniz tuzundan daha çekici ama aynı zamanda daha pahalıydı.

Kayatuzu ya da halit (toprak altında bulunan NaCl'nin mineral adı) çökellerine dünyanın birçok yerinde rastlanır. Halit, eski okyanus ya da denizlerin kurumuş kalıntılarıdır ve özellikle bu çökellerin yüzeye yakın olduğu yerlerde açılan madenler yüzyıllar boyunca işletilmiştir. Fakat tuz öylesine değerliydi ki, demir çağında bile Avrupa'da insanlar onu elde etmek için yeraltı madenciliğine girişerek derin bacalar, kilometreler tutan tüneller ve koskoca yeraltı mağaraları oluşturmuşlardı. Bu madenlerin çevresinde yerleşimler kurulup gelişti ve tuz çıkartılmaya devam ettikçe bunlar kasaba ve kentlere dönüşüp tuz ekonomisiyle zenginleşti.

Tuz yapımı ya da madenciliği ortaçağ boyunca Avrupa'nın birçok yerinde önemli bir faaliyetti. Tuz o kadar değerliydi ki "beyaz altın" diye anılıyordu. Yüzyıllar boyunca baharat ticaretinin merkezi olan Venedik, başlangıçta çevrenin bataklık halindeki lagünlerinden çıkarttıkları tuzla geçimini sağlayan küçük bir topluluktu. Avrupa'da birçok ırmağın, kasabanın ve kentin adı –Salzburg, Halle, Hallstatt, Hallein, La Salle, Moselle– tuz üretimi ya da madencilikle olan ilişkilerine işaret ediyor. Bu adların hepsi, tuzun Yunanca karşılığı olan *hal* ile Latincedeki *sal* sözcüklerinden geliyor. Bu bileşiğin Türkçe adı olan tuz da, Bosna Hersek'teki Tuzla kasabasıyla Türkiye'deki bazı kıyı yerleşimlerindeki aynı ya da benzer adlarda kendini gösteriyor.

Günümüzde turizm sayesinde bu eski tuz kentlerinin bazılarında tuz hâlâ bir servet kaynağı. Avusturya'nın Salzburg kentinde tuz madenleri turistler için önemli bir çekim merkezi. Polonya'da Krakov kenti yakınlarındaki Wieliczka'da tuz çıkartılarak oyulmuş koskoca bir mağaradaki dans pisti, mihrabıyla birlikte küçük bir kilise, din



Bolivya'da Salar de Uyuni yakınlarındaki tuzdan otel. (Fotoğraf: Peter Le Couteur)

büyüklerinin buzdan yontulmuş heykelleri ve bir yeraltı gölü, binlerce turisti büyülüyor. Dünyadaki en büyük *salar* ya da tuz tavası olan Bolivya'daki Salar de Uyuni'yi ziyaret eden turistler, her şeyiyle tuzdan yapılmış bir otelde kalabiliyorlar.

TUZUN TİCARETİ

Tuzun en eski zamanlardan beri bir ticaret metası olduğu, eski uygarlıkların kayıtlarından anlaşılıyor. Mumyalama sürecinde temel bir malzeme olan tuzun eski Mısırlıların ticaretinde önemli bir yeri vardı. Yunanlı tarihçi Herodotus, MÖ 425 yılında Libya'da ziyaret ettiği bir tuz madeninden söz etmişti. Etiyopya'da Danakil'deki büyük tuz ovası Romalılara ve Araplara kiralanmıştı ve ihracatı Hindistan'a kadar uzanıyordu. Romalılar o zamanlar Tiber Nehri'nin de-

nize döküldüğü yerde bulunan Ostia'nın kıyısında büyük bir tuz işleme tesisi kurmuşlardı ve MÖ 600 yıllarında kıyıdan Roma'ya tuz taşımak için Via Salaria (Tuz Yolu) diye adlandırılan bir yol inşa ettiler. Günümüz Romasındaki anacaddelerden biri hâlâ Via Salaria diye bilinir. Ostia'daki tuz tesisine yakıt sağlamak için çevredeki ormanlar kesildi ve bunun yol açtığı erozyon giderek daha fazla toprağı Tiber'e doldurdu. Bu tortullar Tiber Nehri'nin kıyıdaki deltasının genişlemesini hızlandırdı. Birkaç yüzyıl sonra Ostia artık deniz kıyısında değildi ve tuz tesisinin de yeniden kıyıya taşınması gerekti. Bu süreçten, insanın endüstriyel etkinliklerinin çevreye verdiği zararın ilk örneklerinden biri olarak söz edilir.

Tuz dünyanın büyük ticaret üçgenlerinden birinin temelini oluşturmuş, aynı zamanda da İslam dininin Afrika'nın batı kıyısına yayılmasına aracılık etmiştir. Son derece kurak ve yaşama elverişsiz olan Büyük Sahra Çölü, yüzyıllar boyu Akdeniz'e komşu Kuzey Afrika ülkeleriyle kıtanın güneyi arasında bir engel oluşturmuştu. Büyük Sahra'da muazzam tuz çökelleri bulunmasına karşılık, çölün güneyinde tuz için büyük talep vardı. Sekizinci yüzyılda Kuzey Afrika'daki Berberi tacirler, Sahra'nın (bugün Mali ve Moritanya topraklarında kalan) büyük tuz çökellerinden elde edilen halit tabakalarını tahıl, kurutulmuş meyveler, tekstiller ve mutfak eşyaları ile değiştokuş ediyorlardı. Bu yerlerdeki tuz öylesine boldu ki, tuz madenlerinin çevresinde Teghaza (Tuz Kenti) gibi evleri tuz bloklarından yapılma kentler gelişmişti. Genelde binlerce deveden oluşan Berberi kervanları, levha halinde tuz kütleleriyle yüklenmiş olarak çölü boydan boya kat edip, başlangıçta Sahra'nın güneyinde Nijer Nehri'nin bir kolunun kıyısında küçük bir kamp olan Timbuktu'ya ulaşırlardı.

On dördüncü yüzyıla gelindiğinde Timbuktu, Batı Afrika'nın altınını Büyük Sahra'nın tuzuyla değiştiren büyük bir ticaret noktası haline gelmişti. Ayrıca bölgeye Berberi tacirlerce getirilen İslam dininin yayılması için de bir merkez olmuştu. Gücünün zirvesindeyken –yani on altıncı yüzyılın büyük bölümünde– Timbuktu'da meşhur bir Kuran medresesi, büyük camiler ve kuleler, etkileyici kral sarayları bulunuyordu. Timbuktu'dan Fas'ın Akdeniz kıyılarına geri dönen kervanlar altın ve bazen de köle ve fildişi taşıyorlardı. Yüz-

yıllar boyunca Büyük Sahra'daki altın/tuz ticaret yolundan Avrupa'ya tonlarca altın taşındı.

Tuza olan talep artınca Sahra tuzu Avrupa'ya da gönderilmeye başladı. Yeni tutulan balığın bozulmaması için hızla önlem alınması gerekir. İsleme ve kurutma yöntemlerinin denizde ender olarak uygulanabilmesine karşılık, tuzlama kolayca yapılabiliyordu. Baltık ve Kuzey Denizi sardalye, morina ve mezgit kaynıyordu ve on dördüncü yüzyıldan itibaren denizde ya da yakındaki limanlarda tuzlanan bu balıklardan milyonlarca tonu Avrupa'nın her yanında satıldı. On dördüncü ve on beşinci yüzyıllarda kuzey Alman kentlerinin oluşturduğu bir topluluk olan Hansa Birliği, Baltık Denizi'ne komşu ülkelerde tuzlanmış balık ticaretini (ve hemen hemen diğer her şeyi) kontrol ediyordu.

Kuzey Denizi ticaretinin merkezleri Hollanda ve İngiltere'nin doğu sahiliydi. Ancak, avlanan balıkları tuzlayarak saklama imkânı doğunca, daha uzaklarda da avlanmak mümkün hale geldi. On beşinci yüzyılın sonunda İngiltere, Fransa, Hollanda, İspanya'nın Bask bölgesi, Portekiz ve öteki Avrupa ülkelerinden balıkçı tekneleri, avlanmak için düzenli olarak Amerika'nın kuzeydoğu sahilindeki (şimdi Kanada'ya ait olan) Newfoundland adası açıklarındaki Grand Banks bölgesine gider olmuşlardı. Dört yüzyıl boyunca balıkçı filoları Kuzey Atlantik'in bu bölgesinde toplanmış muazzam morina yataklarını yağmaladılar; bu tükenmez gibi görünen kaynaktan yakalanır yakalanmaz temizleyip tuzladıkları milyonlarca ton balıkla limanlarına döndüler. Ne yazık ki kaynağın tükenmezliği yalnızca görünürde öyleydi. Grand Banks morinası 1990'larda yok olmanın eşiğine geldi. Bugün Kanada'nın 1992 yılında morina avı için ilan ettiği moratoryuma, geleneksel balıkçılık ülkelerinin hepsi değilse bile çoğu uyuyor.

Böylesine büyük bir talep olunca, tuza çoğu kez bir ticaret metası yerine savaş ganimeti gözüyle bakılmasını yadırgamamak gerek. Eski çağlarda Ölü Deniz çevresindeki yerleşim merkezleri, özellikle kıymetli tuz stokları yüzünden fetih seferlerine maruz kalıyordu. Ortaçağda Venedikliler, yaşamsal önemdeki tuz tekellerini tehdit eden komşu kıyı toplumlarıyla savaştılar. Düşmanın tuz stoklarını ele geçirmek öteden beri iyi bir savaş taktiği sayılıyordu. Amerikan

İhtilali sırasında İngiltere eski sömürgesine Avrupa'dan ve Batı Hint Adaları'ndan gelen ithal mallarına ambargo koyunca tuz sıkıntısı baş gösterdi. İngilizler ithal tuzun yükselen fiyatlarının sömürge halkı için doğurduğu sıkıntıların sürmesini sağlamak amacıyla New Jersey kıyıları boyunca tuz üretim tesislerini tahrip etti. Amerikan İç Savaşı sırasında 1864'te Kuzeyli kıtaların Virginia eyaletindeki Saltville'i (Tuzköy) ele geçirmesi, Güneyli halkın moralini bozan ve Güney Ordusu'nun yenilgisini hazırlayan hayati bir adım olarak değerlendirildi.

Hatta yemeklerdeki tuz eksikliğinin, 1812 yılında Napolyon'un Moskova'dan çekilmekte olan askerlerinin yaralarının iyileşmesini önleyerek binlercesinin ölümüne yol açtığı bile öne sürüldü. O koşullarda askorbik asit eksikliği (ve yol açtığı iskorbüt) de tuz eksikliği kadar olası bir neden sayılabileceğinden, her iki bileşik de Napolyon'un hülyalarını boşa çıkaran kimyasallar listesinde kalay ve liserjik asit türevlerine katılabilir.

TUZUN YAPISI

Çözünürlüğü her 100 gram soğuk suda 36 gram olan halit öteki minerallere kıyasla suda en kolay çözünen mineraldir. Yaşamın okyanuslarda başladığı düşünüldüğünden ve tuz da yaşam için temel bir gereksinim olduğundan, tuzun bu yüksek çözünürlüğü olmadan bildiğimiz biçimiyle yaşam var olamazdı.

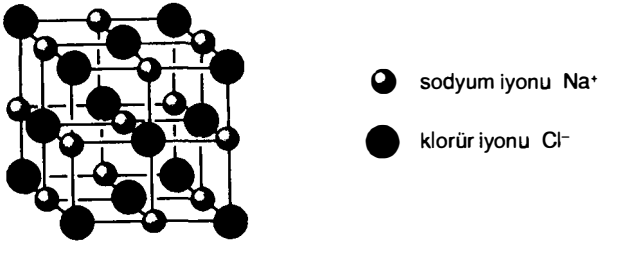
Tuzlar ve çözeltilerinin özelliklerini ters elektrik yüklü iyonlarla ilk kez açıklayan, 1887 yılında İsveçli kimyacı Svante August Arrhenius oldu. Yüz yılı aşkın bir süredir tuz çözeltilerinin bir özelliği, elektrik akımlarını iletme yetenekleri açıklanamıyordu. Yağmur suyunun elektriği iletmemesine karşın NaCl çözeltileri ve başka tuzların çözeltileri son derece iyi iletkenlerdir. Arrhenius'un kuramı bu iletkenliğin nedenini ortaya koydu. Deneyleri bir çözeltide ne kadar çok tuz erirse, elektrik akımının taşınması için gereken elektrik yüklü parçacıkların –iyonların– derişiminin o kadar arttığını gösterdi.

Arrhenius'un önerdiği iyon kavramı, ayrı görünen yapılarına karşın asitlerin neden benzer özelliklere sahip olduklarını da açıklı-

yordu. Su içinde tüm asitler hidrojen iyonları (H^+) üretir ve bu da asit çözeltilerine ekşi tatlarını ve reaktif özelliklerini kazandırır. Düşünceleri zamanın tutucu kimyacılarının birçoğunca kabul edilmese de, Arrhenius iyonik modelin sağlamlığını zaman zaman kararlılıkla, zaman zaman da diplomasiyle takdire layık bir başarıyla savundu. Kendisini eleştirenler sonunda ikna oldular ve Arrhenius elektrolitik ayrışma kuramıyla 1903 Nobel Kimya Ödülü'nü aldı.

O zamana kadar iyonların nasıl oluştuğu hakkında hem bir kuram hem de pratik kanıtlar ortaya çıkmıştı. İngiliz fizikçi Joseph John Thomson, 1897 yılında tüm atomların, ilk kez Michael Faraday'ın 1833 yılında önerdiği gibi *elektron* denen eksi (negatif) elektrik yüklü temel parçacıklara sahip olduğunu kanıtladı. Elektrik yükü taşımayan (nötr) bir atom, bir ya da daha fazla elektron yitirdiğinde artı (pozitif) elektrik yüklü bir iyon haline geliyor, bir ya da daha fazla elektron yakaladığında ise eksi yüklü bir iyon oluyordu.

Katı haldeki sodyum klorür, iki farklı iyonun –eksi ve artı elektrik yükleri arasındaki güçlü elektrostatik çekimin bir arada tuttuğu artı yüklü sodyum iyonlarıyla eksi yüklü klorür iyonlarının– düzenli (negatif ve pozitif) dizilimine sahiptir.

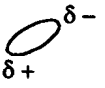


Katı sodyum klorürün üç boyutlu yapısı. Şekildeki çizgiler aslında yoktur; iyonların küp biçimli dizilimini göstermek için eklenmişlerdir.

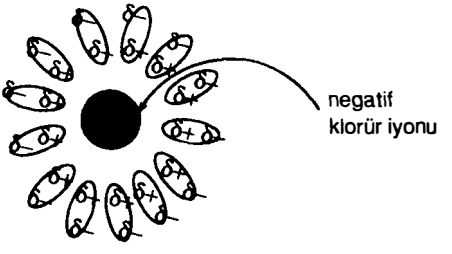
İyonlardan oluşmamalarına karşın su molekülleri kısmen elektrik yükü taşır. Su molekülünün bir tarafı (hidrojen) hafifçe pozitif, öteki tarafsa (oksijen) hafifçe negatiftir. Sodyum klorürün suda erimesini sağlayan budur. Pozitif sodyum iyonlarıyla su moleküllerinin negatif tarafları arasındaki çekim (ve negatif klorür iyonlarıyla su

moleküllerinin pozitif tarafı arasındaki çekim), Na^+ iyonlarıyla Cl iyonları arasındaki çekim gücü gibidir; buna karşılık tuza suda eriyebilme özelliğini veren, bu iyonların rasgele dağılma eğilimidir. Eğer iyonik tuzlar suda eriyemiyorsa, bunun nedeni iyonlar arasındaki çekim güçlerinin, su ile iyonlar arasındaki çekimden daha kuvvetli olmasıdır.

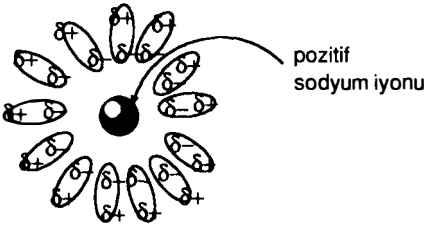
Su molekülü, molekülün kısmen negatif olan tarafı δ–, kısmen pozitif olan tarafı ise δ+ sembolleriyle temsil edilmek suretiyle şöyle gösterilebilir:



Bu durumda, sulu çözeltideki negatif klorür iyonlarını aşağıdaki şekildeki gibi su moleküllerinin hafifçe pozitif taraflarıyla çevrilmiş olarak;



sulu çözeltideki pozitif sodyum iyonlarını da aşağıdaki şekildeki gibi su moleküllerinin hafifçe negatif taraflarıyla çevrilmiş olarak gösterebiliriz.



Tuzu –su moleküllerini çekerek– böylesine iyi bir koruyucu yapan, işte bu suda eriyebilme özelliğidir. Tuz, dokulardaki suyu çekerek et ve balığın bozulmasını önler. Çok azalmış su düzeyleri ve yüksek tuz içeriğinde, çürümeye yol açan bakteriler hayatta kalmayı başaramaz. Besinle alınan tuzun en çok etten geldiği yerlerde, koruma amacıyla eklenen tuz sağlık için önemliydi. Öteki geleneksel gıda koruma yöntemleri olan isleme ve kurutma da çoğu kez sürecin bir parçası olarak tuz gerektiriyordu. Saklanacak gıda maddesi islenmeden ya da kurutulmadan önce tuzlu bir çözeltiye batırılıyordu. Kendi yerel tuz kaynağına sahip olmayan toplumlar ticaret yoluyla sağlanan tuza bağımlıydı.

VÜCUDUN TUZ GEREKSİNİMİ

En eski zamanlardan beri, gıdaların korunması için gerekmese bile insanlar günlük gıdaları için tuz bulma ihtiyacı duymuştur. Tuzun sağladığı iyonlar, insan vücudunda hücrelerle onları çevreleyen sıvı arasındaki elektrolit dengeyi sağlayarak hayati bir rol oynar. Sinir sistemindeki nöronlar (sinir hücreleri) tarafından iletilen elektriksel atımları üreten sistem, sodyum-potasyum pompası denen mekanizmayla işler. Bir hücreden, içeri pompalanan K^+ (potasyum) iyonlarından daha fazla sayıda Na^+ (sodyum) iyonu dışarı çıkmaya zorlanır; sonuçta hücre içindeki sitoplazmada elektrik atımlarına güç sağlayan net bir negatif elektrik yükü oluşur. Dolayısıyla tuz, sinirlerin iş görmesi ve bu sayede kasların hareketi için hayati öneme sahiptir.

Yüksükotunda bulunan digoksin ve digitoksin gibi kardiyak glikozit molekülleri, sodyum-potasyum pompasını baskılayarak hücre içinde daha yüksek bir Na^+ iyonu düzeyi oluşturur. Bu da sonunda kalp kaslarının büzüşme gücünü artırarak bu moleküllerin kalp güçlendirici olarak gördükleri işlevi açıklar. Midedeki sindirim sıvılarının temel bir bileşeni olan hidroklorik asidin üretimi için de vücudun tuzdaki klorüre gereksinimi vardır. Sağlıklı bir insandaki tuz derişimi çok küçük bir aralıkta değişir. Kaybedilen tuzun geri alınması, fazla tuzun vücuttan atılması gerekir. Tuz eksikliği kilo ve iştah kaybına, kramplara, bulantıya ve hareketsizliğe yol açar. Vücut

tuzunda –maraton koşucularında olduğu gibi– çok aşırı bir azalmaysa damarlarda çökmeye ve ölüme neden olabilir. Buna karşılık vücuda aşırı sodyum iyonu girişinin de, kalp-damar hastalığı için önemli bir etmen olan yüksek tansiyona, ayrıca böbrek ve karaciğer bozukluklarına katkı yaptığı biliniyor.

Ortalama bir insan vücudunda yaklaşık 115 gram tuz bulunur, ama terleme ve idrar yoluyla bu miktarda sürekli azalma olur; dolayısıyla her gün kaybedilen bu tuzun yerine yenisinin konması gerekir. Tarihöncesi dönemde insan gıdasının tuz içeriğini, avladığı –büyük ölçüde otçul– hayvanlardan karşılardı; çünkü çiğ et mükemmel bir tuz kaynağıdır. Tarımın gelişmesiyle tahıl ve sebzelerin günlük gıdanın büyük bölümünü oluşturması üzerine ek tuz gereksinimi ortaya çıktı. Etçil hayvanlarda tuz yalama gereksinimi yokken, otçul hayvanlarda vardır. Dünyanın az et yenen bölgelerindeki insanlarla vejetaryenlerin ilave tuza gereksinimleri vardır. İnsanlar yerleşik, tarımsal bir yaşam biçimi benimsediğinden beri ortaya çıkan tuz takviyesi gereksinimi, yerel kaynaklardan sağlanamıyorsa ticaret yoluyla sağlanmak zorundadır.

TUZUN VERGİLENDİRİLMESİ

İnsanın tuza olan gereksinimi ve tuzun özel üretim yöntemleri, bu minerali tarih boyunca siyasi kontrol, tekel ve vergilendirmeye uygun hale getirmiştir. Tuza konan vergi bir hükümet için güvenilir bir gelir kaynağı demekti. Tuzun yerine geçebilecek bir şey yoktu; tuza herkesin gereksinimi vardı ve dolayısıyla herkes ödemek zorundaydı. Tuz kaynakları biliniyordu; tuz üretimini gizlemek kolay değildi; tuzun kendisi de hacimli olduğundan gizlenmesi zordu ve nakliyatı kolayca düzenlenip vergilendirilebiliyordu. Çin'de MÖ 2200 yılı civarında İmparator Hsia Yu, saraya Şantung eyaletinden düzenli olarak tuz getirilmesini buyurdu ve takip eden yüzyıllar boyunca tuz vergiler, resimler ve harçlar yoluyla hükümetler için kârlı bir meta oldu. Tevrat ve İncil'de söz edilen zamanlarda bir bahar kabul edilip baharata uygulanan vergilere tabi kılınan tuzdan, kervan yollarında birçok konaklama yerinde gümrük vergisi de alınıyordu. Büyük İskender'in MÖ 323 yılında ölümünün ardından Suriye ve

Mısır'da yetkililer daha önce Yunan yönetimince konmuş olan tuz vergisini toplamaya devam ettiler. Tüm bu yüzyıllar boyunca vergi toplama süreci, (aracı) vergi tahsildarları gerektiriyordu ve bunların birçoğu vergi miktarlarını artırarak, ek harçlar koyarak ve vergi muafiyeti satarak zengin oldu. Roma'da da durum farklı değildi. Başlangıçta, tuzun makul fiyatlarla herkesçe alınabilmesi için Tiber deltasındaki Ostia tuz üretim tesisine devletçe el kondu. Fakat bu bonkörlük fazla uzun sürmedi. Tuzun vergilendirilmesiyle elde edilecek gelir çok çekici geldi ve bir tuz resmi (bir tür tüketim vergisi) kondu. Roma İmparatorluğu'yla birlikte tuz tekelleri ve tuz vergileri de büyüdü. Her Roma eyaletinde valinin denetimindeki bağımsız vergi toplayıcıları* erişebildikleri her yerde vergi koydular. Tuz üretilen bölgelerden uzakta yaşayanlar için, tuz fiyatına nakliye masraflarının yanı sıra yolun her durağında vergi, resim ve harçlar da ekleniyordu.

Ortaçağ boyunca Avrupa'da tuzun vergilendirilmesi, çoğu kez tuz madenlerinden ya da sahillerdeki üretim tesislerinden tuz taşıyan mavna ya da arabalardan alınan harç biçiminde sürdürüldü. Zirvesineyse *gabelle* denen ağır ve halkın nefret ettiği tuz vergisiyle Fransa'da ulaştı. Bazı anlatımlarda bu vergiyi Provence'den Anjoulu Charles'ın** 1259 yılında koyduğu, diğer bazı kaynaklardaysa bunun sürekli bir ordu besleyebilmek için on üçüncü yüzyılın sonlarında buğday, şarap ve tuz gibi ürünlere getirilen genel bir vergi olduğu kaydedilir. Gerçek kökeni ne olursa olsun, on beşinci yüzyıla gelindiğinde *gabelle* Fransa'nın en önemli ulusal vergilerinden biri olmuş ve bu ad yalnızca tuz vergisi için kullanılmaya başlamıştı.

Ne var ki *gabelle* yalnızca bir tuz vergisi olmakla kalmıyordu. Aynı zamanda tüm erkekler, kadınlar ve sekiz yaşın üzerindeki çocuklar için kralın belirleyeceği fiyattan her hafta belli miktarda tuz

* Osmanlı İmparatorluğu'nda bunlara "mutasarrıf" deniyordu. –*ç.n.*

** Anjoulu Charles, 1226-1285. Evliliği sayesinde Provence Kontu, Fransa Kralı VIII. Louis'nin oğlu, ortaçağın entrikalarla, cinayetlerle ve evliliklerle belirlenen güç mücadelelerinde yoğrulmuş, 1262 yılında Papa tarafından Sicilya Kralı ilan edilmiş, Sicilya'yı isyancılar karşısında kaybettikten sonra Napoli Kralı unvanıyla tanınmış, bu arada Kudüs Kralı payesini satın almış, Bizans İmparatorluğu'na karşı Latin İmparatorluğu'nu canlandırmaya çalışmış maceraperest soylu. –*ç.n.*

satın alma zorunluluğunu da içeriyordu. Kralın keyfine bağlı olarak yalnızca vergi değil zorunlu tüketim miktarı da artırılabiliyordu. Eskiden halka eşit olarak uygulanacak bir vergi yükü olması düşünülmüş olan *gabelle*, kısa süre içinde Fransa'nın bazı bölgelerinde başka yerlerden daha yüksek vergilerin alındığı bir uygulamaya dönüşmüştü. Genel olarak tuzlarını Atlantik kıyısındaki tuz üretim tesislerinden sağlayan vilayetler *grande gabelle* denen vergiye tabiydi. Buralarda, tuzlarını Akdeniz kıyısından alan ve "Les Provinces de Petit Gabelle" (Küçük *Gabelle* Vilayetleri) diye sınıflandırılan vilayetlerde geçerli olanın iki katı vergi ödeniyordu. Siyasi nüfuz ya da anlaşmalarla sağlanan düzenlemelerle bazı bölgeler *gabelle*'den muaf tutuluyor ya da başka yerlerdekinden çok daha az miktarlarda ödüyorlardı. Zaman zaman Brittany bölgesinde *gabelle* ödenmiyor, Normandy'de de bu vergi çok düşük tutuluyordu. Uygulamanın doruğunda *gabelle*, Les Provinces de Grande Gabelle'de (Büyük *Gabelle* Vilayetleri) tuz fiyatını gerçek değerinin yirmi katına yükseltmişti.

Halktan vergi hasat ettikleri için "*gabelle* çiftçileri" diye adlandırılan tuz vergisi tahsildarları, tüketim yükümlülüklerinin yerine getirilmesini sağlamak için kişi başına tüketilen tuz miktarının kaydını tutuyorlardı. Kaçak tuzla yakalananlara uygulanan ağır cezalara karşın kaçakçılık girişimleri yaygındı. Yakayı ele veren kaçakçıların yolu genellikle darağacına çıkıyordu. Katı ve adaletsiz *gabelle* uygulamalarından en büyük zararı köylü çiftçiler ve kentlerdeki yoksul tabaka görüyordu. Bu ağır vergiden kurtulmak için krala yapılan başvurular duymazlıktan geliniyordu. *Gabelle*'in Fransız İhtilali'ne yol açan temel şikâyetlerden biri olduğu söylenir. Vergi Fransız İhtilali'nin en hareketli dönemlerinde, 1790 yılında yürürlükten kaldırıldı ve otuzdan fazla *gabelle* tahsildarı idam edildi. Ancak Fransızlar için rahat fazla uzun sürmedi. 1805 yılında Napolyon, İtalya'ya karşı savaş masraflarının karşılanması için gerekli olduğunu öne sürdüğü *gabelle*'i yeniden yürürlüğe koydu. Bu verginin nihai olarak kaldırılması ancak İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra gerçekleşti.

Fransa yaşam için gerekli bir madde üzerindeki verginin ağır bir yük oluşturduğu tek ülke değildi. İskoçya'nın kıyı bölgelerinde, özellikle Firth of Forth çevresinde tuz, vergiye tabi olmadan önce yüzyıllardır üretilmekteydi. Serin, rutubetli iklimde güneş ışınlarıyla

buharlaşması mümkün olmadığından, deniz suyu önceleri odunla, daha sonraları ise kömürle ısıtılan koca kazanlarda kaynatılıyordu. 1700'lü yıllarda İskoçya'da, turbayla ısıtılanlar hariç olmak üzere böyle 150 tuz üretim tesisi bulunmaktaydı. Tuz endüstrisi iskoçlar için öylesine önemliydi ki, İskoçya ile İngiltere arasında 1707 yılında imzalanan Birlik Antlaşması'nın sekizinci maddesi İskoçya'ya İngiliz tuz vergilerinden yedi yıl muafiyet tanıyor, ardından da sürekli olarak indirimli tarifeler uygulanmasını hükme bağlıyordu. İngiltere'nin tuz endüstrisiyse yeraltı tuzlu sularıyla kayatuzu madenciliğine dayanıyordu. Her iki yöntem de İskoçya'nın kömür ateşiyle deniz suyu kaynatma yönteminden çok daha verimli ve kârlıydı. İskoçya'nın tuz endüstrisi ayakta kalabilmek için İngiltere'nin tuz vergilerinden muaf olmak zorundaydı.

1825 yılında Birleşik Krallık tuz vergisini kaldıran ilk ülke oldu. Nedeni bu verginin yüzyıllar boyu işçi sınıfında yarattığı hoşnutsuzluktan çok, tuzun değişen rolünün kavranmasıydı. Sanayi Devrimi genelde bir makineleşme devrimi olarak düşünülür. Bu süreçle anılan örnekler arasında kumaş dokuma işini kolaylaştıran "uçan mekik", iplik eğirme işini kolaylaştıran çırçır makinesi, su gücüyle çalışan çırçır tezgâhı, buhar makinesi, buhar gücüyle çalışan dokuma tezgâhları sayılabilir. Ama Sanayi Devrimi aynı zamanda bir kimya devrimiydi. Tekstil endüstrisi, ağartma, sabun imalatı, cam üretimi, porselen ve seramik imalathaneleri, çelik endüstrisi, deri işleme tesisleri, kâğıt yapımı, içki imalatı ve damıtma tesisleri için çeşitli kimyasalların büyük ölçeklerde üretilmesi gerekiyordu. İmalatçılar ve fabrika sahipleri tuz vergisinin kaldırılması için baskı yaptılar; çünkü tuz gıda koruma aracı ve mutfak malzemesi olmanın ötesinde, imalat süreçlerinde başlangıç malzemesi olarak çok daha büyük önem kazanmaya başlıyordu. Yoksulların kuşaklar boyu kaldırılmasını istedikleri tuz vergisi, İngiltere'de tuzun endüstriyel refah için kritik önemde bir hammadde olduğu anlaşılınca kaldırıldı.

İngiltere'nin tuz vergileri konusundaki uygar tutumu sömürgelerini kapsamıyordu. Hindistan'da İngiltere'nin uyguladığı tuz vergisi, Hindistan'ın bağımsızlığı için mücadelesinde Mahatma Gandhi'nin yararlandığı bir sömürgeci baskı sembolü oldu. Hindistan'daki tuz vergisi bir vergi olmanın ötesindeydi. Yüzyıllar boyunca birçok fa-

tihin keşfetmiş olduğu gibi, tuz stoklarının kontrolü siyasi ve ekonomik kontrol demekti. İngiliz yönetimindeki Hindistan'da hükümetin getirdiği düzenlemeler, resmi kurumlar dışında tuz satılmasını ya da üretilmesini suç sayıyordu. Hatta deniz kıyısındaki kayalar arasındaki doğal havuzlarda kalan deniz suyunun buharlaşmasıyla kendiliğinden oluşan tuzu toplamak bile yasaktı. Bazen İngiltere' den ithal edilen tuz, İngilizlerin belirlediği fiyatlarla hükümetin yetkilendirdiği bayilerden alınmak zorundaydı. Halkın beslenme tarzının genellikle vejetaryen olduğu ve çoğu zaman son derece sıcak olan iklimin terleme yoluyla vücuttan su kaybına yol açtığı Hindistan'da yemeklere tuz katılması özellikle önemliydi. Sömürge yönetiminde halk, daha önce milyonlarca insanın geleneksel olarak toplayıp çok az paraya ya da bedavaya ürettiği bir mineral için para ödemek zorunda bırakılıyordu.

1923'te, İngiltere'nin kendi vatandaşlarına ödettiği tuz vergisini kaldırmasından neredeyse bir yüzyıl sonra Hindistan'da tuz vergisi iki katına çıkarıldı. 1930 Martında Gandhi bir avuç destekçisiyle birlikte Hindistan'ın kuzeybatı kıyısında küçük bir köy olan Dandi'ye 385 kilometrelik bir yürüyüş başlattı. Yürüyüşe yolda binlerce kişi daha katıldı ve sahile varıldığında kalabalık, kumsalda birikmiş tuzları toplamaya, deniz suyunu kaynatarak tuz elde etmeye ve satmaya başladı. Tuz yasağını delme eylemine binlerce kişi daha katıldı; yasadışı tuz ülkenin her yerinde köy ve şehirlerde satılmaya başladı. Polis sık sık tuzlara el koyuyor, Gandhi'yi destekleyenler dayaktan geçiriliyor ve binlercesi hapse atılıyordu. Onların yerini tuz üretimine girişen binlerce başkası alıyordu. Ertesi yılın martına gelindiğinde Hindistan'ın katı tuz yasaları yumuşatılmıştı. Halkın tuz toplaması ya da yerel kaynaklardan tuz üretip kendi köylerinde başkalarına satması serbestti. Tuz üzerinde ticari bir verginin hâlâ bulunmasına karşın İngiliz Hükümeti'nin tuz tekeli kırılmıştı. Gandhi'nin şiddetten kaçınan sivil itaatsizlik kampanyası etkili olmuştu ve İngiliz yönetiminin günleri artık sayılıydı.

BAŞLANGIÇ MALZEMESİ OLARAK TUZ

İngiltere'de tuz vergisinin kaldırılması yalnızca tuzu imalat süreçlerinin bir parçası olarak kullanan endüstriler için değil, tuzun önemli bir başlangıç malzemesi olduğu inorganik kimyasalları imal eden şirketler için de önemliydi. Özellikle de bir başka sodyum bileşiği –soda külü ya da çamaşır sodası olarak da bilinen sodyum karbonat (Na_2CO_3)– için önem taşıyordu. Sabun yapımında kullanılan ve sabuna olan talep arttıkça büyük miktarlarda gerek duyulan soda külü, genel olarak kuruyan alkalin göllerin ("soda gölleri" de denen, Ph derecesini 7 ve üzerine çıkaran karbonat tuzlarınca zengin göller) kıyılarındaki kabuklaşmış çökeller ya da yanmış denizyosunlarının artıkları gibi doğal birikintilerden elde ediliyordu. Bu kaynaklardan sağlanan soda külü hem saf değildi hem de miktarı azdı. Dolayısıyla sodyum karbonatı, bol miktarda bulunan sodyum klorürden üretme olasılığı çekici geliyordu. 1790'lı yıllarda dokuzuncu Dundonald Lordu Archibald Cochrane (kendisi İngiltere'nin kimya devriminin önderlerinden ve kimyasal alkali endüstrisinin kurucularından biriydi ve İskoçya'nın Firth of Forth bölgesindeki mütevazı aile arazisi, kömürle ısıtılan deniz suyundan tuz üretim tesislerine komşuydu), tuzu "yapay alkali"ye çevirmek için bir patent aldı; ama yöntemi ticari başarı kazanamadı. Fransa'da Nicolas Leblanc tuz, sülfürik asit, kömür ve kireçten sodyum karbonat yapmak için bir yöntem geliştirdi, ancak Fransız İhtilali'nin patlak vermesi Leblanc'ın yönteminin yerleşmesine fırsat tanımadı ve soda külünün kârlı biçimde üretilmesi İngiltere'de başladı.

1860'lı yılların başlarında Belçika'da Ernest ve Alfred Solvay adlı kardeşler, sodyum klorürü kireçtaşı ($CaCO_3$) ve amonyak gazı (NH_3) kullanarak sodyum karbonata çeviren daha ileri bir yöntem geliştirdiler. Süreçte kritik adımların ilki, amonyak gazı ve (kireçtaşından sağlanan) karbondioksit ile doyurulan yoğun bir tuzlu çözeltiden, aşağıda gösterildiği gibi bir sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$) çökeltisi oluşturmaktı:

$$\underset{\text{sodyum klorür}}{NaCl_{(aq)}} + \underset{\text{amonyak}}{NH_{3(g)}} + \underset{\text{karbon dioksit}}{CO_{2(g)}} + \underset{\text{su}}{H_2O_{(s)}} \rightarrow \underset{\text{sodyum bikarbonat}}{NaHCO_{3(k)}} + \underset{\text{amonyum klorür}}{NH_4Cl_{(aq)}}$$

İkinci adımdaysa sodyum bikarbonat ısıtılarak sodyum karbonat elde ediliyordu:

$$\underset{\text{sodyum bikarbonat}}{2\ NaHCO_{3(k)}} \rightarrow \underset{\text{sodyum karbonat}}{Na_2CO_{3(k)}} + \underset{\text{karbon dioksit}}{CO_{2(g)}}$$

Günümüzde Solvay süreci sentetik soda külü yapımında kullanılan temel yöntem ise de, örneğin ABD'nin Wyoming eyaletindeki Green River havzasında on milyar tonun üzerinde rezerve sahip olduğu tahmin edilen devasa doğal soda külü yatakları, bu maddenin tuzdan elde edilen yapay türüne olan talebi azaltmış bulunuyor.

Bir başka sodyum bileşiği olan kostik soda da (NaOH) uzun süredir yoğun talep gören bir maddedir. Kostik soda ya da sodyum hidroksit endüstriyel olarak *elektroliz* denen bir süreçle sodyum klorür çözeltisinden elektrik akımı geçirilerek elde edilir. ABD'de en çok üretilen on kimyasaldan biri olan kostik soda, alüminyum metalini ham madenden ayırmada, ayrıca rayon, selofan gibi sentetik maddeler, sabun, deterjan, petrol ürünleri, kâğıt ve kâğıt hamuru imalinde gereklidir. Tuzlu suyun elektrolizinde ayrıca ortaya çıkan klor gazı başlangıçta bir yan ürün sayılırken, kısa sürede mükemmel bir ağartma malzemesi ve güçlü bir dezenfektan olduğu anlaşıldı. Bugün NaCl çözeltilerinin elektrolizi, NaOH kadar klor üretimi için de kullanılıyor. Günümüzde haşere ilaçları, polimerler ve ilaçlar gibi çeşitli organik ürünlerin yapımında klordan faydalanılıyor.

Masallardan Tevrat ve İncil'deki ayetlere, İsveç halk efsanelerinden Kuzey Amerika yerlilerinin destanlarına kadar dünyanın dört yanındaki toplumların öykülerinde tuzla ilgili olaylara yer verilir. Tuz tören ve ayinlerde kullanılır, misfirperverlik ve şansı sembolize eder, kötü ruhlardan ve kötü şanstan korur. Tuzun insan kültürünün biçimlenmesindeki önemli rolü dilde de kendini belli eder. "Çorbada

tuzu olmak", "tadı tuzu kalmamak", "tuz ekmek hakkı", "tuzu kuru" gibi deyimleri gündelik hayatta sık sık kullanırız.

Tuzun hikâyesindeki en büyük ironi, uğrunda yapılan onca savaşın, üzerine konulan vergi ve harçlara karşı verilen mücadelelerin, protesto eylemlerinin, onu bulmak için kalkışılan göçlerin ve kaçakçılığını yaptıkları için hapsedilen yüz binlerce kişinin çektiklerinin ardından, tam da yeni yeraltı tuz yataklarının keşfi ve modern teknoloji sayesinde fiyatının büyük ölçüde düştüğü bir sırada, gıdaların korunması için tuza olan gereksinimin büyük ölçüde azalmış olması, yiyeceklerin bozulmasını önlemenin standart yöntemi olarak soğutmanın öne çıkmış olmasıdır. Tarih boyunca el üstünde tutulmuş, arzu edilmiş, uğruna savaşılmış ve zaman zaman altından daha değerli olmuş bu bileşik, artık yalnızca ucuz olmakla ve kolayca bulunmakla kalmıyor, aynı zamanda son derece sıradan bir madde olarak görülüyor.

16

KLOROKARBON BİLEŞİKLERİ

1877 YILINDA *Frigorifique* adlı gemi, ambarında Arjantin'den yüklediği sığır etleriyle Buenos Aires'ten Fransa'nın Rouen limanına gitti. Günümüzde son derece sıradan sayılsa da aslında tarihi bir seferdi bu. Gemi, soğutma devrinin başladığını ve gıdanın baharat ve tuz molekülleriyle korunması döneminin sona erdiğini gösteren soğutulmuş bir yük taşıyordu.

SERİN TUTMA YOLLARI

En az MÖ 2000 yılından beri insanlar katı buzun erirken çevreden ısı soğurması ilkesine dayanarak, bozulabilecek şeyleri serin tutmak için buzdan yararlanmışlardır. Süreçte ortaya çıkan sıvı su akıp gider ve yeni buz ilave edilir. Buna karşılık refrijerasyon (*refrigeration* – yeniden soğutma) denen soğutma tekniğinde maddenin katı ve sıvı hallerinden değil, sıvı ve buhar hallerinden yararlanılır. Sıvı buharlaşırken çevresinden ısı soğurur. Buharlaşmayla ortaya çıkan buhar daha sonra sıkıştırma yoluyla yeniden sıvı hale dönüştürülür. İngilizcedeki *refrigeration* sözcüğündeki "*re*" (yeniden) öntakısı bu süreci ifade eder: Buhar yeniden sıvıya dönüştürülür, sonra yeniden buharlaşarak serinleme yaratır ve döngü böyle tekrarlayıp durur. Döngüdeki kritik bir bileşen, mekanik kompresörü çalıştıracak bir enerji kaynağıdır. Sürekli olarak buz ilavesi gerektiren eski usül buz sandığı, teknik olarak bir soğutucu (refrijeratör) değildi.

Gerçek bir soğutucu için bir "refrijeran" (soğutma sıvısı), yani buharlaşma-sıkışma döngüsünde kullanılacak bir madde gereklidir. Eter, bir refrijeranın soğutucu etkisini göstermek için daha 1748'de kullanılmıştı; ama soğutucu olarak bir sıkıştırılmış eter makinesinin kullanılması için yüz yıldan fazla zaman geçmesi gerekecekti. 1837' de Avustralya'ya göç eden bir İskoç olan James Harrison, 1851 yılı civarında oradaki bir bira fabrikası için eter tabanlı, buhar sıkıştırmalı bir soğutucu yaptı. Harrison ve aşağı yukarı aynı sıralarda benzer bir buhar sıkıştırmalı soğutma sistemi yapmış olan Amerikalı Alexander Twining, ticari soğutma teknolojisinin öncüleri arasında sayılırlar.

Ticari soğutucuların mucidi olma iddiasındaki başka bir isim de 1859'da soğutma sıvısı olarak amonyak kullanan Fransız Ferdinand Carré idi. Teknolojinin bu ilk günlerinde metil klorür ve kükürt dioksit de kullanılıyordu. Kükürt dioksit dünyanın ilk yapay buz pateni pistinde kullanılan soğutma sıvısıydı. Bu küçük moleküller sonunda gıdaların korunması için tuz ve baharata olan bağımlılığa son verdiler.

$C_2H_5—O—C_2H_5$	NH_3	CH_3Cl	SO_2
eter (dietil eter)	amonyak	metil klorür	kükürt dioksit

Bira fabrikalarının yanı sıra Avustralya et paketleme endüstrisi için de soğutma sistemini başarıyla geliştirmiş olan James Harrison, 1873'te teknolojiyi deniz üzerine de yayarak soğutma sistemli bir gemiyle Avustralya'dan İngiltere'ye et taşımaya karar verdi. Ancak, geliştirdiği eter tabanlı mekanik buharlaştırma-sıkıştırma sistemi denizde işe yaramadı. Ardından, 1879 yılı aralık ayının başlarında Harrison'ın soğutucuyla donattığı S.S. *Strathleven* adlı gemi Melbourne'dan ayrıldı ve iki ay sonra hâlâ donmuş durumdaki kırk ton sığır ve koyun etiyle Londra'ya ulaştı. Harrison'ın soğutma sistemi kendini kanıtlamıştı. 1882 yılında S.S. *Dunedin* adlı gemi de benzer bir sistemle donatıldı ve Yeni Zelanda'dan ilk kuzu eti kargosu İngiltere'ye gönderildi. Çoğu kez dünyanın ilk soğutma sistemli gemisi olarak *Frigorifique*'in adının geçmesine karşın, teknik olarak bu sıfat Harrison'ın 1873 tarihli girişimine daha uygundur. Gelgelelim, Harrison'ınki yolculuğunu *başarıyla tamamlayan* ilk soğutmalı ge-

mi değildi. Bu sıfatı hak eden, 1877 yılında Arjantin'den yüklediği donmuş sığır etiyle Fransa'nın Le Havre limanına ulaşan S.S. *Paraguay*'dı. Paraguay'ın soğutma sistemi Ferdinand Carré tarafından tasarlanmıştı ve soğutma sıvısı olarak amonyak kullanıyordu.

Frigorifique'teyse "soğutma", iyi yalıtılmış bir odada tutulan buzla soğutulan, sonra da pompayla (gemi ambarı içine döşenmiş) borular içinde dolaştırılan suyla sağlanıyordu. Buenos Aires'ten yola çıktıktan bir süre sonra pompa arıza yapmış ve etler de Fransa'ya varamadan bozulmuştu. Dolayısıyla, *Frigorifique* yolculuğunu S.S. *Paraguay*'dan birkaç ay önce tamamlamışsa da gerçek bir soğutma sistemine sahip bir gemi değil, olsa olsa taşıdığı gıda maddelerini depolanmış buzla serin ya da donmuş halde tutan "yalıtmalı" bir gemiydi. Velhasıl, *Frigorifique* soğutulmuş etin okyanus ötesine taşınmasına öncülük etmiş gemilerden biridir, her ne kadar başarılı bir öncü olmasa da.

İlk soğutmalı geminin hangisi olduğu konusundaki tartışmalar bir tarafa, 1880'lere gelindiğinde mekanik sıkıştırma-buharlaştırma süreci, etin dünyadaki üretim bölgelerinden Avrupa ve ABD'nin doğusundaki daha büyük pazarlara taşınması sorununu çözme yolundaydı. Arjantin'den, hatta Avustralya ve Yeni Zelanda'nın daha da uzak sığır ve koyun otlaklarından hareket eden gemilerin, tropiklerin sıcak havalarında iki ya da üç ay yol almaları gerekiyordu. *Frigorifique*'in basit buzlu sistemi böyle bir sınavı başarabilecekmiş gibi görünmüyordu. Mekanik soğutma sisteminin güvenilirliğinin giderek artmasıyla sürü sahipleri ve çiftçiler ürünlerini dünya pazarlarına çıkarma olanağına kavuştular. Böylece soğutma teknolojisi, sahip oldukları geniş üretim potansiyelinden gelen doğal avantajlardan dünya pazarlarına olan uzaklıkları nedeniyle yeterince yararlanamayan Avustralya, Yeni Zelanda, Arjantin, Güney Afrika ve başka ülkelerin ekonomik gelişmesinde önemli bir rol oynadı.

MUHTEŞEM FREONLAR

İdeal soğutucu molekülünün özel bazı pratik gereklilikleri yerine getirmesi lazımdır. Doğru sıcaklık aralığında buharlaşması, yine doğru sıcaklık aralığında sıkıştırmayla sıvılaşması ve buharlaştığın-

da çevreden görece büyük miktarlarda ısı soğurması gerekir. Amonyak, eter, metil klorür, kükürt dioksit ve benzeri moleküller iyi birer soğutucu olarak bu gerekleri karşılıyordu. Gelgelelim ya bozuluyorlardı, ya yangın riskine yol açıyorlardı, ya zehirliydiler, ya çok kötü kokuyorlardı ya da bazen bu özelliklerin hepsini birden taşıyorlardı.

Soğutucu malzemelerdeki sorunlara karşın, ticari olsun ev kullanımı için olsun soğutma sistemlerine yönelik talep büyüdü. Ticaretin gereksinimlerini karşılamak için geliştirilen ticari soğutma sistemleri, ev soğutucularından elli yıl ya da daha önce ortaya çıktı. Ev kullanımı için ilk soğutucular 1913'te piyasaya çıktı; 1920'ye gelindiğinde, yiyeceklerle birlikte buz fabrikalarından alınan buzun konduğu geleneksel buz kutularının yerini almaya başlamışlardı. İlk ev soğutucularının bazılarında gürültülü kompresör, yiyecek dolabından ayrı olarak evin bodrumuna yerleştiriliyordu.

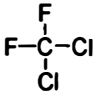
Zehirli ve patlayıcı soğutma malzemelerinden duyulan endişeleri giderici bir çare arayan ve daha önce motordaki düzensiz çalışmayı azaltmak için benzine katılan tetraetil kurşunu geliştirmiş olan makine mühendisi Thomas Midgley, Jr. ile General Motors firmasının Frigidaire bölümünde çalışan kimyacı Albert Henne, kaynama noktaları soğutma döngüsünün belirlenmiş aralığı içinde olan bileşikler aramaya koyuldu. Bilinen bileşiklerden bu kritere uyanların büyük çoğunluğu ya zaten kullanılıyordu ya da pratik bulunmuyordu. Ancak bir olasılık –flor bileşikleri– incelenmemişti. Flor elementi yüksek derecede toksik ve aşındırıcı bir gaz olduğundan, flor içeren pek az organik bileşik oluşturulabilmişti.

Midgley ve Henne bir ya da iki karbon atomunun yanı sıra hidrojen yerine değişik sayılarda flor ve klor atomları içeren bir dizi farklı molekül oluşturmaya karar verdi. Sonuçta ortaya çıkan moleküller olan kloroflorokarbonlar (ya da şimdi daha yaygın kullanılan kısaltılmış adlarıyla CFC'ler), bir soğutma malzemesinde aranan tüm teknik koşulları takdire şayan biçimde yerine getirmenin yanı sıra, son derece kararlı, yanmayan, toksik olmayan, ucuza üretilebilen ve neredeyse hiç kokusu olmayan bileşiklerdi.

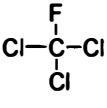
Midgley yeni soğutucu bileşiklerin tehlikesizliğini 1930 yılında Amerikan Kimya Derneği'nin bir toplantısında çarpıcı bir biçimde

gösterdi. Açık bir kaba bir miktar sıvı CFC döktü ve soğutucu kaynarken yüzünü buharın içine soktu, ağzını açtı ve derin bir nefes aldı. Daha önce yakılmış bir muma dönerek CFC'yi yavaşça üfürdü ve mumu söndürdü. Böylece bu kloroflorokarbonun patlama ve zehirleme riski taşımadığını kayda değer ve alışılmamış bir gösteriyle kanıtlamış oldu.

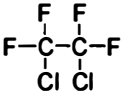
Ardından bir dizi başka CFC molekülü soğutucu malzeme olarak kullanıma girdi: daha çok Du Pont firmasının verdiği ticari adla (Freon 12) tanınan diklorodiflorometan, trikloroflorometan (Freon 11) ve 1,2-dikloro-1,1,2,2,-tetrafloroetan (Freon 114).



Freon 12



Freon 11



Freon 114

Freon adlarındaki numaralar Midgley ve Henne'nin geliştirdiği bir koddu. İlk hane, bir eksiğiyle karbon atomlarının sayısını gösteriyordu. Eğer bu sıfırsa, hiç yazılmıyordu. Yani Freon 12, aslında Freon 012'ydi. Bir sonraki hane, bir fazlasıyla hidrojen atomlarının (eğer varsa) sayısını gösteriyordu. Son haneyse flor atomlarının sayısını gösteriyordu. Geri kalanlar klor oluyordu.

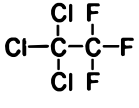
CFC'ler mükemmel soğutuculardı. Soğutma sektöründe devrim yarattılar ve gitgide daha fazla sayıda ev elektrik şebekesine bağlandığından evsel soğutmada da muazzam bir artış sağladılar. 1950'lerde gelişmiş ülkelerde buzdolabı standart ev donanımının bir parçası haline gelmişti. Artık taze gıdalar için her gün alışveriş gerekmiyordu. Bozulabilecek yiyecekler güvenle saklanabiliyor ve yemekler önceden hazırlanabiliyordu. Donmuş gıda endüstrisi patlama yaptı, yeni ürünler geliştirildi, hazır yemek paketleri piyasaya çıktı. CFC'ler yiyeceklerimizi satın alma ve hazırlama biçimlerimizi, hatta yemek seçimlerimizi bile değiştirdi. Soğutma teknolojisi, ısıya duyarlı antibiyotiklerin, aşıların ve diğer ilaçların güvenle saklanabilmelerini ve dünyanın her yerine gönderilebilmelerini sağladı.

Güvenli soğutucu moleküllerin bolluğu insanlara gıdalarından başka bir şeyi de soğutma olanağı sağladı: çevrelerini. Yüzyıllar bo-

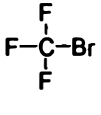
yu doğal rüzgârları yakalamak, vantilatörler aracılığıyla havayı hareket ettirmek ve buharlaşan suyun serinletici etkisinden yararlanmak, sıcak iklimlerde hava sıcaklığıyla baş etmenin temel yollarıydı. CFC'lerin ortaya çıkmasıyla birlikte emekleme çağındaki klima endüstrisi atağa kalktı. Yazların son derece sıcak geçtiği tropikal bölgelerde klimalar, evleri, hastaneleri, büroları, fabrikaları, alışveriş merkezlerini, arabaları, kısacası insanların yaşadığı ve çalıştığı yerleri daha yaşanabilir kıldı.

CFC'ler için daha başka kullanım alanları da bulundu. Hemen hemen hiçbir şeyle tepkimeye girmediklerinden, bir sprey kutusundan püskürtülebilecek her madde için ideal bir itki aracı oldular. Saç spreyleri, tıraş köpükleri, kolonyalar, güneş kremleri, pasta kremaları, mobilya cilaları, halı temizleyiciler, banyo küfü gidericileri ve böcek öldürücüler, genişleyen CFC buharı tarafından aerosol sprey kutularının incecik deliklerinden püskürtülen muazzam çeşitlilikte üründen yalnızca birkaçı.

Bazı CFC'ler paketleme malzemeleri, binalarda yalıtım köpükleri, fast food kapları ve (halk arasında "plastik köpük" denen) strafor çay-kahve bardakları için ideal malzemelerdi. Freon 113 gibi başka bazı CFC'ler, çözücü özellikleri sayesinde devre kartları ve diğer elektronik parçaları için ideal temizleme araçlarıydı. CFC molekülündeki klor ya da florun bromla değiştirilmesi, Freon 13B1 (kod, brom içeriğini gösterecek şekilde ayarlanmış) gibi, yangın söndürücülerde kullanım için son derece uygun, daha yüksek kaynama noktasına sahip daha ağır moleküller üretti.



Freon 113



Freon 13B1

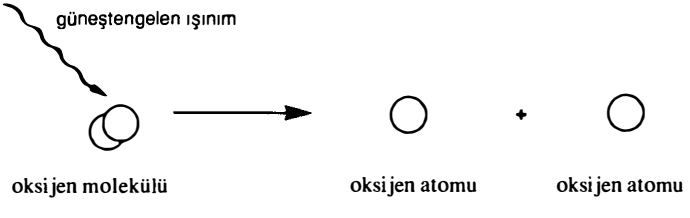
1970'lerin ilk yıllarına gelindiğinde yılda bir milyon tona yakın CFC ve benzeri bileşik üretilmekteydi. Bu moleküller gerçekten de çağdaş dünyadaki rollerine son derece uygun, herhangi bir mahsurları bulunmayan ideal bileşikler görünümündeydi. Dünyayı daha yaşanabilir kılmış gibiydiler.

FREONLAR KARANLIK YÜZLERİNİ GÖSTERİYOR

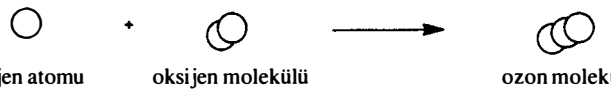
CFC'leri çevreleyen parlak hale, Sherwood Rowland ve Mario Molina adlı araştırmacıların Amerikan Kimya Derneği'nin Atlanta'daki bir başka toplantısında kaygı verici bulguları açıkladıkları 1974 yılına kadar sürdü. CFC'leri böylesine çekici yapan özelliklerinin başında gelen kararlılıklarının, hiç akla gelmeyen son derece kaygı verici bir soruna yol açtığını keşfetmişlerdi.

Daha kararsız bileşiklerin tersine CFC'ler sıradan kimyasal tepkimelerle parçalanmaz. Atmosferin alt katmanlarına salınan CFC'ler, yıllar, hatta onyıllar boyunca gezinip durduktan sonra yavaş yavaş en üstteki stratosfer tabakasına yükselip burada güneş ışınları tarafından parçalanır. Stratosfer içinde, yerden on beş ila otuz kilometre yüksekte dünyayı bir kabuk gibi çevreleyen bir *ozon tabakası* bulunur. Her ne kadar bu kulağa oldukça kalın bir örtüymüş gibi geliyorsa da, aynı ozon tabakası deniz seviyesindeki basınç koşullarında bulunuyor olsaydı, kalınlığı birkaç milimetreyi geçmezdi. Stratosferin seyrek ortamında hava basıncı öylesine düşüktür ki, ozon tabakası alabildiğine genişlemiştir.

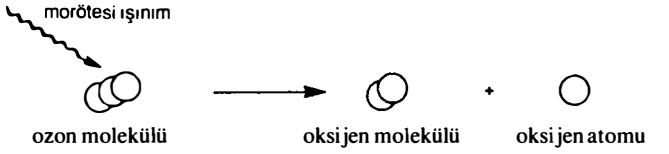
Ozon, oksijen elementinin bir biçimidir. Oksijenin bu iki biçimi arasındaki tek fark, her moleküldeki oksijen atomlarının sayısıdır –oksijen O_2, ozon O_3'tür– ama bu iki molekül çok farklı özelliklere sahiptir. Ozon tabakasının üstünde güneşten gelen şiddetli ışınım, oksijen molekülündeki bağı kırarak aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi iki oksijen atomu ortaya çıkarır:



Bu oksijen atomları ağır ağır ozon tabakasına çökelir ve orada her biri başka bir oksijen molekülüyle tepkimeye girerek ozon molekülünü oluşturur.



Ozon tabakası içinde ozon molekülleri, (güneşten gelen) yüksek enerjili morötesi ışınım tarafından parçalanarak bir oksijen molekülüyle bir oksijen atomuna ayrıştırılır.

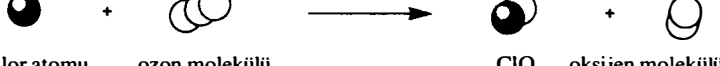


Ardından iki oksijen atomu yeniden birleşerek O_2 molekülünü meydana getirir.

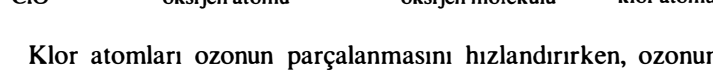


Görüldüğü gibi, ozon tabakası içindeki ozon sürekli biçimde oluşturulup yeniden parçalanır. Binlerce yıl içinde bu iki süreç dengeye kavuştuğundan, dünyanın atmosferindeki ozon derişimi görece sabit kalır. Bu düzenin dünya üzerindeki yaşam için önemli sonuçları vardır, çünkü ozon tabakasındaki ozon güneşten gelen ve canlılar için çok zararlı olan morötesi ışınları soğurur. Öyle ki güneşin ölümcül radyasyonundan bizi koruyan bir şemsiye altında yaşadığımız söylenir.

Ne var ki Rowland ve Molina'nın araştırma bulguları, klor atomlarının ozon moleküllerinin parçalanma hızını artırdığını ortaya koymuştur. Süreç şöyle işler: İlk adımda bir klor atomu ozonla çarpışarak bir klor monoksit molekülü (ClO) meydana getirir ve geride bir oksijen molekülü bırakır.



Bir sonraki adımdaysa, ClO bir oksijen atomuyla tepkimeye girerek bir oksijen molekülünün yanı sıra bir klor atomunu yeniden oluşturur.



Klor atomları ozonun parçalanmasını hızlandırırken, ozonun oluşturulmasına katkı yapmaz; bu nedenle Rowland ve Molina, iki adımlı bu tepkimenin ozon ve oksijen atomları arasındaki dengeyi bozabileceği fikrini ortaya attı. Ozon parçalanmasının ilk adımında kullanıldıktan sonra ikinci adımda yeniden yaratılan klor atomu, katalizör görevi yapar; yani tepkimeleri hızlandırır ama kendisi yok olmaz. Dolayısıyla klor atomlarının ozon tabakası üzerindeki etkisinin en ürkütücü tarafı, ozon moleküllerinin klor tarafından yok edilmesi değil, aynı klor atomunun bu parçalanmayı tekrar tekrar katalize edebilmesidir. Bir tahmine göre, bir CFC molekülü aracılığıyla üst atmosfere kadar ulaşabilen her bir klor atomu, işlevsiz kalıncaya kadar yüz bin ozon molekülünü yok eder. Ozon tabakasının her yüzde 1'lik azalışıyla da, zararlı morötesi ışınımın dünya atmosferini delip geçmesi yüzde 2 oranında artar.

Rowland ve Molina, deney sonuçlarından yola çıkarak CFC'ler ve bunlarla ilişkili bileşiklerdeki klor atomlarının, atmosfere çıkar çıkmaz ozon tabakasının tahribine girişeceklerini öngördüler. Araştırmayı yaptıkları sırada her gün milyarlarca CFC molekülü atmosfere salınmaktaydı. CFC'lerin ozon tabakasının seyrelmesine yol açarak tüm canlıların sağlık ve güvenliği için gerçek ve acil bir tehdit oluşturduğu haberleri olumlu bazı tepkiler başlattıysa da, CFC'lerin tümüyle yasaklanmasına kadar daha bir süre geçmesi; yeni araştırmalar, raporlar, özel araştırma ve eylem grupları oluşturulması; gönüllü üretim kısıtlama takvimleri ve kısmi yasaklamalar getirilmesi gerekecekti.

Beklenmedik bir kaynaktan gelen veriler CFC'lerin yasaklanması için gerekli siyasi iradenin oluşmasını sağladı. 1985 yılında Antarktika'da yürütülen çalışmalar, Güney Kutbu üzerindeki ozon tabakasında (medya dilinde "ozon deliği" diye adlandırılan) giderek genişleyen bir seyrelmenin varlığını ortaya koydu. Ozon tabakasında bu "delik"lerin en büyüğünün kışın, neredeyse hiç kimsenin yaşamadığı bir kıtanın üzerinde ortaya çıkması –Antarktika'da buzdolaplarına ya da aerosol saç spreylerine pek ihtiyaç duyulmuyor olsa gerek– şaşırtıcıydı. Demek ki çevreye CFC'lerin salınması yerel değil küresel sorunlara yol açıyordu. 1987 yılında Güney Kutbu civarında uçan bir yüksek irtifa araştırma uçağı, ozonun seyreldiği bölgelerde klor monoksit (ClO) molekülleri belirledi. Bu da Rowland ve Molina'nın öngörülerinin deneysel doğrulanışı anlamına geliyordu. İkili, CFC'lerin stratosfer ve çevre üzerindeki uzun dönemli etkilerini fark ettikleri için 1995 Nobel Kimya Ödülü'nü paylaştı.

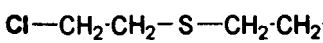
1987 yılında Montreal Protokolü denen bir anlaşma, imzacı devletleri CFC kullanımını giderek azaltma ve sonunda tümüyle yasaklama yükümlülüğü altına soktu. Bugün artık kloroflorokarbonlar yerine soğutucu olarak hidroflorokarbon ve hidrokloroflorokarbon bileşikler kullanılıyor. Bu maddeler ya klor içermiyor ya da atmosferde daha kolay oksitleniyor; içlerinden pek azı daha az reaktif olan CFC'lerin çıktığı yüksekliklere ulaşabiliyor. Ancak, CFC'lerin yerini alanlar onlar kadar etkili soğutucu olmadıklarından, soğutma döngüsü için yüzde 3 daha fazla enerji gerektiriyorlar.

Atmosferde hâlâ milyarlarca CFC molekülü var. Montreal Protokolü her ülke tarafından imzalanmış değil ve imzalamış olanlarda bile hâlâ kullanılmakta olan milyonlarca buzdolabının yanı sıra, hurdaya çıkmış yüz binlerce cihaz bulunuyor. Bunların sızdırdığı CFC'ler, atmosferde halen mevcut olan CFC'lerle birlikte ozon tabakasını yok edecekleri yüksekliklere doğru ağır ama kaçınılmaz bir şekilde ilerliyor. Bir zamanların gözdesi bu moleküllerin etkisi daha yüzyıllarca hissedilebilir. Dünyanın yüzeyine inen yüksek enerjili morötesi ışınların yoğunluğunun artmasıysa, hücrelere ve içlerindeki DNA moleküllerine zarar gelme olasılığını artırıp daha yüksek sayıda kanser vakalarına ve daha da artan mutasyon hızlarına yol açacaktır.

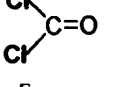
KLORUN KARANLIK YÜZÜ

Kloroflorokarbonlar, ilk keşfedildiklerinde mucize moleküller olarak görülen, ancak daha sonra beklenmedik bir toksisite ya da çevresel veya toplumsal zarar potansiyeli ortaya çıkan tek kimyasal grubu değil. Şaşırtıcı olansa, klor içeren organik bileşiklerin, başka organik bileşik gruplarına kıyasla bu "karanlık yüzü" daha fazla göstermiş olmaları. Element halindeki klor bile bu ikiliği sergiler. Dünyanın her yerinde milyonlarca insanın kullandığı sular klorlanıyor. Aslında suyun arındırılmasında başka kimyasallar da klor kadar etkili olabilir, ama bunlar çok daha pahalıdır.

Geçtiğimiz yüzyılda halk sağlığı alanında kaydedilen önemli gelişmelerden biri, dünyanın her yerini temiz içme suyuna kavuşturma çabaları olmuştur ki, bunu hâlâ tümüyle gerçekleştirebilmiş değiliz. Klor olmasa bu hedeften daha da uzaklaşacağımız kesindir. Gelgelelim, havadaki nitrojenden amonyak sentezleme ve gaz savaşı üzerindeki çalışmalarını 5. Bölüm'de görmüş olduğumuz Alman kimyacı Fritz Haber'in pek iyi anlamış olduğu gibi, klor zehirlidir. Birinci Dünya Savaşı'nda kullanılan ilk zehirli bileşik, ilk etkileri boğulma ya da nefes alma güçlüğü olan sarımsı yeşil klor gazıydı. Klor hücreleri rahatsız eden güçlü bir iritandır ve akciğerlerle solunum yollarındaki dokuların ölüme yol açacak kadar şişmesine neden olabilir. Daha sonraki zehirli gaz saldırılarında kullanılan bileşikler olan hardal gazı ve fosgen de klor içeren organik bileşiklerdir ve etkileri de klor gazınınki kadar dehşet vericidir. Hardal gazına maruz kalma sonucu ölüm oranı pek yüksek değilse de, gözlere kalıcı hasar verir ve şiddetli solunum bozukluklarına yol açar.



Hardal gazı



Fosgen

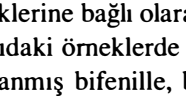
Birinci Dünya Savaşı'nda kullanılan zehirli gaz molekülleri. Klor atomları koyu harflerle gösterilmiştir.

Fosgen gazı renksizdir ve yüksek derecede toksiktir. Bu zehirler arasında en sinsi olanıdır; hemen rahatsızlık vermediği için, varlığı fark edilinceye kadar ölümcül miktarlarda solunmuş olur. Ölüm genellikle akciğerler ve solunum yollarındaki dokuların aşırı ölçüde şişerek nefes almayı engellemesiyle olur.

PCB'LER – KLORLU BİLEŞİKLERDEN YENİ SIKINTILAR

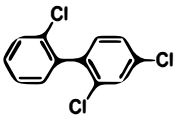
Başlangıçta mucize moleküller diye sevinçle karşılanan başka klorokarbon bileşikleri de, sonradan CFC'ler gibi ciddi birer sağlık tehlikesi olarak gerçek yüzlerini gösterdi. Poliklorlu bifenillerin, ya da daha yaygın olarak bilinen adlarıyla PCB'lerin endüstriyel üretimi 1920'li yılların sonlarında başladı. Yüksek sıcaklıklarda bile kararlı kalmaları ve yanmama özellikleri, bunları transformatörlerde, reaktörlerde, kondansatörlerde ve devre kesicilerde elektrik yalıtkanı ve soğutucu olarak ideal malzeme yaptı. Gıda ambalajlarında, bebekler için biberon lastiklerinde ve polistren kahve bardaklarında kullanılanlar da dahil çeşitli polimerlerin üretiminde esneklik sağlama aracı olarak da kullanılmaktaydılar. PCB'ler ayrıca basım sektöründe çeşitli mürekkeplerin yapımında, karbonsuz kopya kâğıdı, çeşitli boyalar, cilalar, yapıştırıcılar, kaydırıcı yağlar ve vakum pompası yağlarının imalatında da kullanım alanları buldu.

Poliklorlanmış bifeniller, ana bifenil molekülü üzerinde hidrojenlerin yerine klor atomlarının yerleştirilmiş olduğu bileşiklerdir.

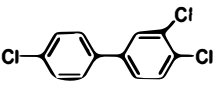


Bifenil molekülü

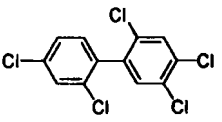
Kaç tane klor atomu bulunduğuna ve bunların bifenil halkalar üzerinde nereye yerleştirildiklerine bağlı olarak bu yapının birçok olası düzenlenişi vardır. Aşağıdaki örneklerde her birinde üç klor bulunan iki farklı üçlü-klorlanmış bifenille, beş klor içeren bir beşli-klorlanmış bifenil görülüyor. Bunlar gibi iki yüzün üzerinde farklı düzenleme mümkün.



Üçlü-klorlanmış bifenil



Üçlü-klorlanmış bifenil



Beşli-klorlanmış bifenil

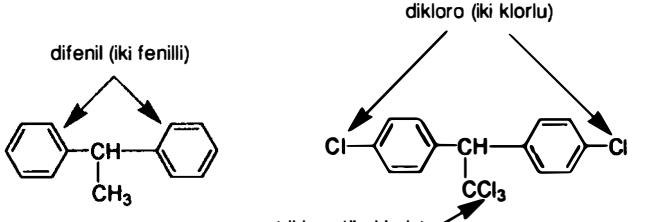
PCB'lerin üretimine başlanmasının üzerinden fazla geçmeden PCB fabrikalarındaki işçiler arasında sağlık sorunları haberleri gelmeye başladı. Birçok işçi, şimdi klorakne (klor sivilcesi) diye bilinen siyah başlı, iltihaplı kabartılardan yakınıyordu. Artık biliyoruz ki klorakne klor zehirlenmesinin ilk belirtilerinden biridir ve bunu bağışıklık, sinir, endokrin (vücut içi salgılar) ve üreme sistemlerinde hasar, karaciğer yetmezliği ve kanser izleyebilir. PCB'ler mucize moleküller olmak şöyle dursun, sentezlenmiş en tehlikeli bileşiklerdendir. Bu maddenin tehlikesi sadece insanlar ve öteki hayvanlar için zehirli olmalarında değil, aynı zamanda CFC'ler gibi kendilerini böylesine kullanışlı kılan kararlılıklarında yatar. PCB'ler çevreye atıldıktan sonra özelliklerini korurlar; biyobirikim (ya da biyobüyüme) denen bir süreçle gıda zincirindeki derişimleri artar. Kutupayıları, aslanlar, balinalar, kartallar ve insanlar gibi gıda zincirinin tepesinde olan hayvanlar vücutlarının yağ hücrelerinde yüksek derişimlerde PCB biriktirebilirler.

1968 yılında PCB'lerin neden olduğu bir kitlesel zehirlenme vakası, bu moleküllerin vücuda alınmasının doğrudan etkilerini gözler önüne serdi. Japonya'nın Kyuşu adası sakinlerinden bin üç yüz kişi, kazara PCB'lerin bulaşmış olduğu pirinç kabuğu yağını yedikten sonra klor sivilceleri, görme ve solunum bozuklukları biçimindeki ilk belirtileri göstererek hastalandı. Uzun dönemli sonuçlar arasında normalden on beş kat fazla doğum kusuru ve karaciğer kanseri vakaları bulunuyordu. 1977'de ABD, PCB içeren atıkların akarsulara ve su kanallarına dökülmesini yasakladı; çok sayıda araştırma bu maddelerin insan ve çevre sağlığı üzerindeki toksik etkilerini vurguladıktan sonra da 1979'da üretimleri tümüyle yasaklandı. PCB'leri denetim altında tutan yönergelere karşın bu moleküllerin milyonlarca kilosu hâlâ kullanımda ya da güvenli bir biçimde yok edilmeyi bekliyor. Ama bu arada çevreye sızmayı da sürdürüyorlar.

HAŞERE İLAÇLARINDA KLOR – YARARDAN ZARARA VE YASAĞA

Başka birtakım klor içerikli moleküller yalnızca doğaya sızmakla kalmadı, bazen –onyıllar boyu birçok ülkede yapıldığı gibi– doğaya bilinçli olarak sokuldu. Şimdiye kadar geliştirilmiş en etkili haşere öldürücülerden bazıları klor içerir. Çok kararlı haşere öldürücü moleküller –yani çevrede varlıklarını bozunmadan koruyanlar– başlangıçta makbul sayılıyordu: Tek bir uygulamanın etkisi yıllarca sürebilirdi. Bu gerçekten de doğru çıktı; ama ne yazık ki sonuçlar her zaman öngörüldüğü gibi olmadı. Klor içerikli haşere ilacı kullanımı insanlığa büyük yarar sağlamakla birlikte, hiç akla gelmedik son derece zararlı yan etkilere yol açtığı da oldu.

Potansiyel yarar ve zarar arasındaki çatışmayı, klor içerikli haşere ilaçları içinde en iyi DDT molekülü ortaya koyar. DDT, 1,1-difeniletan bileşiğinin bir türevidir. Adı, *dikloro-difenil-trikloroetan* molekülünün kısaltılmış şeklidir.



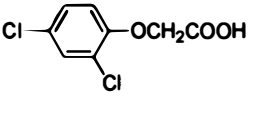
1,1-difeniletan *Dikloro-difenil-trikloroetan*

DDT ilk kez 1874'te üretildi, ama etkili bir böcek öldürücü olduğu ancak 1942'de anlaşıldı. Bu sayede İkinci Dünya Savaşı'nda tifüs hastalığının yayılmasına karşı bir bit kırma tozu olarak ve hastalık taşıyan sivrisinek larvalarını öldürmek için yaygın bir şekilde kullanıldı. DDT'yle doldurulmuş sprey kutularından yapılma "böcek bombaları", Güney Pasifik'teki savaş alanlarında Amerikan ordusu tarafından yaygın olarak kullanıldı. Bunlar DDT bulutlarıyla birlik-

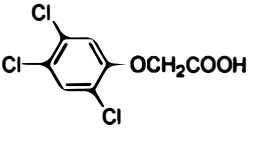
te büyük miktarlarda CFC de salarak çevreye katmerli biçimde zarar verdi.

Üç milyon ton DDT'nin üretilip kullanıldığı 1970 yılından önce bile, bu maddenin çevreye ve böceklerin direnç kazanmasına olan etkileri konusundaki kaygılar su yüzüne çıkmaya başlamıştı. DDT'nin, başta kartallar, şahinler ve atmacalar gibi gıda zincirinin başındaki yırtıcı kuşlar olmak üzere yaban hayat üzerindeki olumsuz etkilerinden doğrudan DDT değil, başlıca parçalanma ürünü sorumlu tutulur. Hem DDT hem de parçalanma ürünü, hayvan dokularında biriken yağda çözünen bileşiklerdir. Ne var ki kuşlarda bu parçalanma ürünü, yumurtalarına kalsiyum sağlayan enzimi baskılar. Dolayısıyla DDT'ye maruz kalmış kuşların yumurtaları son derece kırılgan olur ve çoğu kez daha çatlamadan kırılır. 1940'ların sonlarından itibaren kartalların, şahinlerin ve atmacaların sayılarında hızlı bir azalma kaydedilmişti. Keza Rachel Carson'ın 1962 yılında yazdığı *Sessiz Bahar* adlı kitabında özetlediği, yararlı ve zararlı böcekler arasındaki dengede meydana gelen önemli bozulmalar da giderek artan DDT kullanımına bağlanıyordu.

1962'den 1970'e kadar süren Vietnam Savaşı sırasında 2,4-D ve 2,4,5-T adlı klor içeren bitki öldürücülerin karışımından oluşturulan Portakal Gazı (*Agent Orange*) adlı kimyasaldan milyonlarca galon, gerillaların gizlendiği sık bitki örtüsünü yok etmek için Güneydoğu Asya'da geniş bölgelere püskürtüldü.



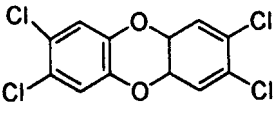
2,4-D



2,4,5-T

Bu iki bileşik fazlaca toksik değildir; ama 2,4,5-T, Vietnam'da hâlâ etkisini sürdürmekte olan kusurlu doğumlardan, kanserlerden, deri hastalıklarından, bağışıklık sistemi yetersizliğinden ve diğer ciddi sağlık sorunlarından sorumlu olduğu belirlenen az miktarda bir yan ürün içerir. Sorumlu kimyasal 2,3,7,8-tetraklorodibenzodioksindir. Şimdilerde bu madde dioksin olarak biliniyor, ama aslında dioksin,

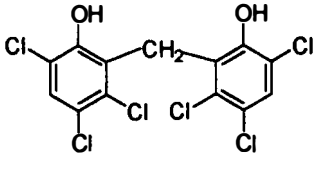
aralarında 2,3,7,8-tetraklorodibenzodioksinin zararlı özelliklerini taşımayan maddelerin de olduğu bir grup kimyasal için kullanılan bir addır.



2,3,7,8-tetraklorodibenzodioksin (ya da dioksin)

Doğadaki en toksik bileşik olan botulinum toksininden bir milyon kat daha az zehirli olsa da, dioksin insan eliyle yapılmış en ölümcül bileşiktir. 1976 yılında İtalya'nın Seveso kasabasında meydana gelen bir endüstriyel patlama, çevredeki insanlar ve hayvanlar için korkunç sonuçlar –klor akneler, kusurlu doğumlar, kanser– doğuran bir dioksin sızıntısına yol açtı. Olayın medyanın ilgi odağı olması, dioksinler diye tanımlanan tüm bileşiklerin toplumun zihninde felaketle özdeştirilmesine neden oldu.

Nasıl ki doğal örtüyü yok eden bir haşere öldürücüsünün kullanımı insanlar için beklenmedik sağlık sorunlarını birlikte getirdiyse, 1950'ler ve 1960'larda sabunlar, şampuanlar, tıraş losyonları, deodoranlar, gargaralar ve benzer ürünlerde çok yaygın olarak kullanılan son derece etkili bir mikrop öldürücü olan heksaklorofen de hiç beklenmeyen sağlık sorunlarına yol açtı.



Heksaklorofen

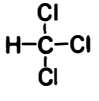
Heksaklorofen yaygın biçimde bebeklere yönelik ürünlerde de kullanılıyor ve çocuk bezlerine, talk pudralarına ve diğer bebek malzemelerine katılıyordu. Fakat 1972 yılında yapılan testler, heksaklorofen kullanımının laboratuvar hayvanlarında beyin ve sinir sistemi

hasarlarına yol açtığını gösterdi. Bunun üzerine heksaklorofen reçetesiz satılan preparatlarda ve bebek ürünlerinde yasaklandı; ama belli bazı bakterilere karşı çok etkili olduğundan, toksikliğine karşın hâlâ reçeteli sivilce ilaçlarında ve ameliyatlar için hazırlanan dezenfeksiyon solüsyonlarında sınırlı kullanıma sahip.

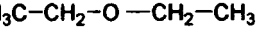
UYUTAN MOLEKÜLLER

Klorokarbon moleküllerin hepsi de insanlar için korkunç sonuçlar doğurmuş değil. Heksaklorofenin antiseptik özelliklerinin ötesinde, klorin içeren küçük bir molekül tıp dünyası için bir nimet oldu. 1800'lerin ortalarına kadar ameliyatlar anestezi olmadan –ama bazen acıyı uyuşturacağı inancıyla hastayı alkollü içkiye boğarak– yapılırdı. Bazı cerrahların da hastalarına böylesine acı vermeden önce kendi sinirlerini güçlendirmek için birkaç tek attıkları söylenir. Ama sonra, 1846 yılında ABD'nin Boston kentinde dişçilik yapan William Morton, eterin cerrahi süreçlerde narkoz (bilincin geçici yitimi) durumuna geçişi sağladığını başarıyla gösterdi. Eterin acısız ameliyatlara olanak sağladığı haberi hızla yayıldı ve çok geçmeden başka bazı bileşiklerin de anestezik özellikleri araştırılmaya başladı.

İskoçyalı bir hekim ve Edinburgh Üniversitesi Tıp Okulu'nda tıp ve ebelik profesörü olan James Young Simpson, bileşikleri olası anestezikler olarak denemek için ilginç bir yöntem geliştirmişti. Rivayete göre Simpson akşam yemeğine çağırdığı misafirlerinden, çeşitli maddeleri ciğerlerine çekmek için kendisine katılmalarını istiyordu. Anlaşılan, ilk kez 1831'de sentezlenen kloroform sınavı başarıyla geçmişti. Bu bileşikle yapılan deneyin ardından Simpson, yemek odasının zemininde kendine geldiğinde, ziyaretçilerinin de çevresinde koma gibi derin bir uykuda olduğunu görmüştü. Kloroformu hastalarına uygulamak için de hiç vakit kaybetmemişti.



Kloroform



Eter (dietil eter)

Bu klorokarbon bileşimini bir anestezik olarak kullanmanın etere kıyasla birtakım avantajları vardı: Kloroform etkisini daha hızlı gösteriyor, daha iyi kokuyor ve daha az miktar gerektiriyordu. Ayrıca kloroformun uygulandığı vakalarda hasta daha çabuk kendine geliyordu ve uyanış, eter kullanılarak yapılan ameliyatlardaki kadar kötü olmuyordu. Eterin son derece kolay alev alması da bir başka sorundu. Oksijenle patlayıcı bir karışım oluşturuyor ve ameliyat sırasında en ufak bir kıvılcım, hatta iki metal ameliyat aletinin birbirine çarpması bile bileşiğin alev almasına yol açıyordu.

Kloroform anestezisi ameliyat vakalarında hemen kabul gördü. Bazı hastaların ölmesine karşın, bu yönteme ilişkin riskler fazla önemli sayılmıyordu. Ameliyat çoğu kez son çare olarak görüldüğünden ve anestezisiz ameliyatlarda hastalar bazen şok nedeniyle öldüklerinden, ölüm oranı kabul edilebilir sınırlar içinde sayılıyordu. Ameliyatlar hızlı yapıldığı için –anestezinin yokluğunda hız özellikle önemliydi– hastalar kloroforma uzun sürelerle maruz bırakılmıyordu. Amerikan İç Savaşı sırasında muharebe alanında kloroform kullanılarak yapılan yaklaşık yedi bin ameliyatta, anestezi nedeniyle ölenlerin sayısının kırktan az olduğu düşünülüyor.

Cerrahi anestezinin herkes tarafından büyük bir ilerleme kabul edilmesine karşılık, doğumda kullanılması tartışmalıydı. Çekincelerin bir kısmı tıbbi temeldeydi; bazı hekimler haklı olarak kloroform ya da eterin doğmamış bir çocuk üzerindeki etkileri konusunda kaygılarını dile getiriyor, anestezi altında doğumda rahim spazmlarının azaldığını ve bebeğin solunumunun yavaşladığını gözlemlediklerini belirtiyorlardı. Ancak tartışma, bebeğin güvenliği ve annenin sağlığının ötesinde boyutlara sahipti. Ahlaki ve dini görüşlere göre doğum sancısı çekmek doğru ve gerekli bir şeydi. Tekvin'de Havva'nın soyundan olan kadınlar, onun Cennet'teki itaatsizliğinin cezası olarak doğumda acı çekmeye mahkûm edilir: "Ağrı çekerek doğum yapacaksın" (3:16). Kitabı Mukaddes'teki bu pasajın harfi yorumu ışığında, doğum sancısını hafifletmek için her girişim Tanrı'nın iradesine karşı çıkmaktı. Daha da uç bir görüş doğum sancısıyla günahın kefaretini özdeşleştiriyordu ki, herhalde kastedilen günah, on dokuzuncu yüzyılın ortalarında hamile kalmanın tek yolu olan cinsel birleşme günahıydı.

Ancak, 1853 yılında İngiltere'de Kraliçe Victoria, sekizinci çocuğu olan Prens Leopold'u kloroform yardımıyla dünyaya getirdi. Bu anesteziği Prenses Beatrice'i dünyaya getirdiği 1857 yılındaki dokuzuncu ve son doğumunda da kullanmaya karar vermesi, doktorlarına İngiltere'nin saygın tıp dergisi *The Lancet*'te yöneltilen eleştirilere karşın bu uygulamanın yaygın kabulünü hızlandırdı. İngiltere ve Avrupa'nın çoğu yerinde kloroform, doğum için tercih edilen anestezik olurken, eter Kuzey Amerika'da popülerliğini sürdürdü.

Yirminci yüzyılın ilk başlarında doğum sırasında yeni bir sancı kontrol yöntemi Almanya'da geniş kabul gördü ve hızla Avrupa'nın diğer yerlerine yayıldı. Alacakaranlık uykusu diye tanınan yöntem, 12. ve 13. Bölümlerde görmüş olduğumuz morfin ve skopolamin adlı bileşiklerin enjeksiyonuna dayanıyordu. Doğum sancılarının başlamasının ardından kadına çok küçük bir miktar morfin enjekte ediliyordu. Bu, sancıyı azaltıyor, ama özellikle uzun ve güç doğumlarda tümüyle dindirmiyordu. Skopolamin de uyku getiriyor ve kadının doğum ânını hatırlamasını sağlıyordu, ki bu kombinasyonu benimseyen doktorların özellikle önem verdikleri bir etkiydi bu. Alacakaranlık uykusu doğum sancısı için öylesine ideal bir çözümdü ki, 1914 yılında ABD'de bu yöntemin kullanılması için bir kampanya başlatıldı. Ulusal Alacakaranlık Uykusu Derneği bu yeni yaklaşımın yararlarını sıralayan kitapçıklar yayımladı ve konferanslar düzenledi.

Tıp camiası üyelerinin dile getirdiği ciddi kaygılar, duyarsız ve duygusuz doktorların hastaları üzerindeki kontrollerini sürdürebilmek için ileri sürdükleri bahaneler olarak damgalandı. Alacakaranlık uykusu, siyasi bir boyut kazanarak kadınlara sonunda oy hakkını kazandıracak daha geniş çaplı bir hareketin parçası haline geldi. Bu kampanyanın şimdi hayli garip görünen yanı, kadınların alacakaranlık uykusunun doğum sancısını ortadan kaldırdığı, annenin dinlenmiş ve yeni çocuğunu kucaklamaya hazır olarak uyandığı iddialarına inanmış olmalarıydı. Gerçekteyse, kadınlar hiçbir ilaç uygulanmamış gibi aynı sancıyı çekip tepki veriyorlar; ama skopolaminin yol açtığı bellek yitimi, çektiklerini hatırlamalarını önlüyordu.

Bu bölümdeki öteki klorokarbonlar gibi, ameliyat hastalarına ve tıp mesleğine sağladığı onca yarara karşın kloroformun da karanlık bir tarafı olduğu ortaya çıktı. Artık biliyoruz ki, bu molekül karaciğer ve böbrek hasarına yol açıyor ve yüksek dozları kanser riskini artırıyor. Uyuşturucu ve bilinci baskılayıcı etkileriyle birlikte gözün kornea tabakasına zarar verebiliyor, derinin çatlamasına, yorgunluğa, bulantıya ve düzensiz kalp atışlarına yol açabiliyor. Yüksek sıcaklıklara, havaya ya da ışığa maruz kaldığında kloroform, hepsi de toksik ya da aşındırıcı olan klor, karbonmonoksit, fosgen ve/ya da hidrojen klorür oluşturuyor. İlk anestezistlerin neredeyse bu maddeyle yıkandıkları eski ameliyat günlerinin tersine, günümüzde kloroformla çalışmak koruyucu giysiler ve ekipman gerektiriyor. Ama olumsuz özellikleri bir yüzyıldan uzun zaman önce fark edilmiş olsaydı bile, ameliyatlarından önce kloroformun güzel kokulu buharını solumuş yüz binlerce kişi onu yine de lanetten ziyade nimet olarak görürdü muhtemelen.

Birçok klorokarbonun "kötü adam" rolünü hak ettiğinde kuşkuya yer olmasa da, belki de bu damga dünyanın her yanında PCB'leri sonuçlarını bile bile ırmaklara boşaltanlar, ozon tabakası üzerindeki olumsuz etkileri kanıtlandıktan sonra bile CFC'lerin yasaklanmasına karşı çıkanlar, (yasal olan ve olmayan) haşere ilaçlarını toprakta ve suda bilinçsizce kullananlar ve fabrikalarla laboratuvarlarda kârı güvenlikten önde tutanlar için daha uygundur.

Bugün artık zehirli olmayan, ozon tabakasını tahrip etmeyen, çevreye zarar vermeyen, kansere yol açmayan ve gaz savaşlarında hiç kullanılmamış olan klor içerikli yüzlerce organik bileşik üretiyoruz. Bunlar evlerimizde ve endüstri kollarımızda, okullarımızda ve hastanelerimizde, arabalarımızda, teknelerimizde ve uçaklarımızda bir şekilde kullanılıyor. İlgi çekmedikleri gibi zarar da vermiyorlar; ama bunlara dünyayı değiştiren kimyasallar denemez.

Klorokarbonların ironisi, içlerinde en büyük zararlara yol açmış ya da açabilecek olanların, aynı zamanda en yararlı toplumsal açılımlardan da sorumlu olmaları. Anestezikler cerrahinin başarılı bir tıp dalı olarak gelişmesi için gerekliydi. Gemilerde, trenlerde ve kamyonlarda kullanılmak üzere soğutucu moleküllerin geliştirilmesi

yeni ticaret fırsatları yarattı; dünyanın az gelişmiş bölgelerinde gelişme ve refaha yol açtı. Buzdolapları sayesinde gıdaların korunması artık güvenli ve kolay. Klimayla soğutulmuş ortamları artık verili kabul ediyor, içme suyumuzun güvenli olduğunu ve elektrik transformatörlerimizin birden alev almayacaklarını varsayıyoruz. Birçok ülkede böceklerce taşınan hastalıkların ya kökü kurudu ya da kuruma yolunda. Sonuç olarak bu bileşiklerin olumlu etkileri yadsınamaz.

17

SITMAYLA SAVAŞAN MOLEKÜLLER

SITMANIN DİĞER ADI OLAN malarya kelimesi, İtalyanca *mala* (kötü) ve *aria* (hava) sözcüklerinden gelir; çünkü bu hastalık yüzyıllar boyu alçak bölgelerdeki bataklıklardan yayılan zehirli sisler ve kötü buharların bir ürünü sanılmıştı. Mikroskobik bir parazitin yol açtığı bu hastalık, insanlık için tüm zamanların en büyük ölüm nedeni olmaya adaydır. Şimdi bile ihtiyatlı rakamlarla dünyada her yıl 300 milyondan 500 milyona kadar vakanın olduğu, çoğunluğu Afrika' daki çocuklar olmak üzere yılda iki ila üç milyon insanın bu hastalığa kurban gittiği tahmin ediliyor. Karşılaştırmak gerekirse, Zaire'de 1995 yılında baş gösteren Ebola virüsü salgını altı ay içinde 250 can almışken, bu sayının 20 katı Afrikalı her gün sıtmadan ölüyor. Sıtma AIDS'ten çok daha hızlı yayılıyor, zira HIV virüsü taşıyan hastalar bunu iki ila on kişiye bulaştırırken, her sıtmalı hasta, hastalığı yüzlerce kişiye bulaştırabiliyor.

Plasmodium cinsine mensup olan sıtma parazitinin insanlara bulaşan dört ayrı türü vardır: *P. vivax*, *P. falciparum*, *P. malariae* ve *P. ovale*. Dördü de sıtmanın yıllar sonra bile tekrarlayan başlıca belirtilerine neden olur: çok yüksek ateş, titreme nöbetleri, korkunç bir baş ağrısı ve adale ağrıları. Bu dört tür arasında en öldürücü olanıysa *falciparum* sıtmasıdır. Bir toplumun genel sağlığı ve verimliliği üzerindeki etkileri hiç iyi olmasa da, öteki üç türe bazen "iyi huylu" sıtmalar da denir. Sıtma ateşi genellikle döngüsel olup her iki-üç günde bir tavan yapar. Hastalığın ölümcül *falciparum* biçimindey-

se, bu döngüsel ateş ender olarak görülür ve hastalık ilerledikçe hasta sararır, çevreye ilgisizleşir, kafası karışır ve ardından komaya girip ölür.

Sıtma bir insandan ötekine anofel sineğinin ısırığıyla bulaşır. Dişi bir sivrisinek yumurtalarını bırakmadan önce kanla beslenmek zorundadır. Emdiği kan sıtma bulaşmış bir insana aitse, parazit yaşam döngüsünü sivrisineğin bağırsağında sürdürür ve bir sonraki besini sunacak olan insana bulaşır. Yeni kurbanın karaciğerinde gelişir, bir hafta kadar sonra kan dolaşım sistemini istila eder ve kırmızı kan hücrelerine girerek başka bir kan emici anofele geçmeye hazır hale gelir.

Şimdi sıtmayı tropikal ya da yarı tropikal bölgelere has bir hastalık sayıyoruz; ancak, yakın zamanlara kadar ılıman bölgelerde de yaygındı. Çin'in, Hindistan'ın ve Mısır'ın binlerce yıl önceki en eski kayıtlarında çok büyük olasılıkla sıtma olan bir ateşten söz edilir. Hastalığa İngiltere'de "*the ague*" (titremeli ateş) deniyordu. İngiltere'nin alçak kıyı bölgelerinde ve Hollanda'da çok yaygındı. Buralarda alabildiğine uzanan bataklık bölgeler ve durgun ya da yavaş akan sular sivrisineklerin üremesi için ideal yerlerdi. Hastalık daha kuzeydeki toplumlarda, İskandinavya'da, ABD'nin kuzeyinde ve Kanada'da bile görüldü. Sıtma İsveç ve Finlandiya'nın Botni Körfezi civarındaki bölgelerinde, Kuzey Kutup Dairesi'nin çok yakınlarında da biliniyordu. Akdeniz ve Karadeniz'e komşu birçok ülkede de yaygındı.

Anofelin gelişme ve yayılma alanı bulduğu her yerde sıtma da yayılıyordu. "Bataklık humması" ile kötü bir ün kazanmış Roma'da ne zaman bir papalık seçim toplantısı yapılsa, katılan kardinallerin birkaçı sıtmaya yakalanıp ölürdü. Girit, Yunanistan'ın Peleponnes yarımadası ve dünyanın belirgin yağışlı ve kurak mevsimleri olan diğer yerlerinde insanlar yaz aylarında hayvanlarını yüksek yaylalara çıkarırlardı. Amaç yaz aylarında da yeşil kalan otlaklara olan gereksinim kadar, kıyılardaki bataklıklarda kol gezen sıtmadan kurtulmaktı.

Sıtma yoksullarla zenginler ve ünlüler arasında ayrım yapmıyordu. Büyük İskender'in de, büyük Afrika kâşifi David Livingstone'un da sıtmadan öldükleri söylenir. Ordular sıtma salgınlarına özel-

likle açıktı. Askerlerin çadırlarda, derme çatma barınaklarda ya da açık havada uyuması, geceleri beslenen sivrisineklere büyük bir ziyafet sofrası sunuyordu. Amerikan İç Savaşı'nda çarpışan askerlerin yarısından çoğu, her yıl tekrarlayan sıtma nöbetleri yaşıyordu. Acaba sıtmayı –en azından Moskova'ya karşı büyük saldırıyı başlattıkları yaz sonu ve güz ayları sırasında– Napolyon'un askerlerinin çektikleri listesine de ekleyebilir miyiz?

Sıtma yirminci yüzyılın ortalarına kadar dünya çapında bir sorun olmayı sürdürdü. 1914 yılında ABD'de yarım milyondan fazla sıtma vakası rapor edilmişti. 1945'te dünya üzerinde iki milyara yakın insan sıtmanın yaygın olduğu bölgelerde yaşıyordu ve bazı ülkelerde hastalık nüfusun yüzde 10'una bulaşmıştı. Buralarda sıtma nedeniyle işlerinin başına gidemeyen işçilerin oranı yüzde 35'e, okula gidemeyen öğrencilerinkiyse yüzde 50'ye kadar çıkabiliyordu.

KİNİN – DOĞANIN PANZEHİRİ

İstatistikler böyle olunca hastalığı kontrol altına almak için çeşitli yöntemler denenmiş olması tabiidir. Bu yöntemler temel olarak, hepsi de daha önceki bölümlerde incelediğimiz moleküllerin birçoğuyla ilginç, hatta şaşırtıcı bağlantıları olan üç farklı molekül üzerine kuruluydu. Bu moleküllerin birincisi kinindi.

Ant Dağları'nın yükseklerinde, deniz seviyesinden bin ila üç bin metre yüksekte bir ağaç yetişir. Bu ağacın kabuğunda, yokluğu halinde dünyanın bugün çok farklı bir yer olacağı bir alkaloid bulunur. Bu ağacın, tümü *Cinchona* cinsinden olan kırk ayrı türü vardır.* Bunlar Ant Dağları'nın Kolombiya'dan Bolivya'ya kadar uzanan doğu yamaçlarına özeldir. Kabuğun sahip olduğu özellikler yöre halkınca çok uzun zamandır biliniyordu ve ağacın bu kısmından yapılan çayın etkili bir ateş düşürücü olduğu bilgisi kuşkusuz sonraki kuşaklara iletilmiş olmalı.

Bölgeye gelen ilk Avrupalı kâşiflerin *Cinchona* kabuğunun sıtmaya karşı etkisini nasıl keşfettikleriyle ilgili birçok hikâye anlatılır. Bunlardan birinde sıtma belirtileri sergileyen bir İspanyol aske-

* Ağacın *Cinchona officinalis* türü kınakına ağacı adıyla bilinir. –*y.n.*

rin, *Cinchona* ağaçlarıyla çevrili bir pınardan su içtikten sonra ateşinin mucizevi şekilde düştüğünden söz edilir. Bir başkası, kocası 1629'dan 1639'a kadar Peru'daki İspanyol valisi olan Chinchón Kontesi Doña Francisca Henriques de Rivera'yla ilgilidir. Rivayete göre 1630'lu yılların başlarında Doña Francisca ağır bir sıtmaya tutulmuş. Avrupa'nın geleneksel tedavi yöntemlerinin para etmemesi üzerine doktoru yerel bir tedavi aracına, *Cinchona* ağacına başvurmuş. Kabuktaki kinin sayesinde hayatta kalan kontesin (yanlış yazılan) adı ağaca verilmiş.

Bu hikâyeler sıtmanın Avrupalılar gelmeden önce de Yeni Dünya'da var olduğunun kanıtı olarak gösterilmiştir. Ancak yerlilerin kendi dillerinde *kina* dedikleri ve İspanyolcaya *quina* şeklinde giren ağacın ateşli bir hastalığı tedavi ettiğini biliyor olmaları, sıtmanın Amerika kıtalarına özgü olduğunu kanıtlamaz. Kolomb Yeni Dünya kıyılarına Doña Francisca'ya kinin tedavisi uygulanmasından bir yüzyıldan daha uzun süre önce gelmişti ve aradaki süre, sıtma enfeksiyonunun ilk kâşiflerden yerel anofellere bulaşmasına ve bunlar aracılığıyla da Amerikaların öteki sakinlerine yayılmasına izin verecek kadar uzundu. Fatihlerin gelişinden önceki yüzyıllarda *quina* kabuğu ile tedavi edilen ateşlerin sıtma kaynaklı olduğunu gösteren herhangi bir kanıt yok. Artık hastalığın Yeni Dünya'ya Afrika ve Avrupa'dan geldiği, tıp tarihçileri ve antropologlar arasında yaygın kabul görmüş bulunuyor. Hastalığın kaynağı Avrupalılar da Afrikalı köleler de olabilir. Sıtmanın yaygın olduğu Batı Afrika'dan Amerika kıtalarına olan köle ticareti daha on altıncı yüzyılın ortalarında kökleşmişti. Chinchón kontesinin Peru'da sıtmaya yakalandığı 1630'larda, vücutlarında sıtma parazitlerini barındıran Batı Avrupalı ve Avrupalı kuşaklar, Yeni Dünya'nın her yerine yayılmayı bekleyen muazzam bir enfeksiyon deposu oluşturmuşlardı bile.

Quina ağacı kabuğunun sıtmayı tedavi edebildiği haberi kısa sürede Avrupa'ya yayıldı. 1633 yılında Peder Antonio de la Calaucha "ateş ağacı" kabuğunun şaşılası özelliklerini kayda geçirdi ve Cizvit mezhebinin Peru'daki öteki papazları da *quina* kabuğunu hem sıtmayı tedavi etmek hem de önlemek için kullanmaya başladı. 1640'larda Peder Bartolomé Tafur'un Roma'ya götürdüğü bir miktar kabuğun mucizevi özellikler taşıdığı söylentisi Kilise mensupları ara-



Kabuğundan kinin elde edilen Cinchona ağacı.
(Fotoğraf: L. Keith Wade)

sında hızla yayıldı. 1655 yılındaki papalık seçim toplantısı, katılan kardinallerden hiçbirinin sıtmadan ölmediği ilk toplantı oldu. Çok geçmeden Cizvitler kabuğu büyük miktarlarda ithal edip Avrupa'nın her yerinde satmaya başladılar. Halkın "Cizvit tozu" diye adlandırdığı öğütülmüş kabuk, başka ülkelerde kazandığı büyük itibara karşın Protestan İngiltere'de popülerlik kazanamadı. "Papacıların" tedavi yönteminin kendisine uygulanmasını reddeden Oliver Cromwell 1658 yılında sıtmadan öldü.

Londralı bir eczacı ve hekim olan Robert Talbor'un 1670 yılında Cizvit tozunun tehlikeleri konusunda halkı uyarması ve kendi gizli formülünün reklamını yapmaya başlamasıyla sıtmaya karşı yeni bir tedavi aracı önem kazandı. Talbor'un tedavisi hem İngiliz hem de Fransız kraliyet saraylarında uygulandı. İngiltere Kralı II. Charles ve Fransa Kralı XIV. Louis'nin oğlu, yakalanmış oldukları ağır sıt-

madan Talbor'un mucize ilacı sayesinde kurtuldu. Talbor'un formülünün şaşırtıcı ölçüde etkili olan içeriği ancak ölümünden sonra aydınlandı: Cizvit tozundaki *Cinchona* ağacı kabuğunun ta kendisi. Talbor'un sahtekârlığı, kendisini –kuşkusuz asıl hedefi olan– servete kavuştururken, bir yandan da Katoliklerin tedavi yönteminden yararlanmak istemeyen Protestanların hayatlarını kurtarmıştı. Kininin titremeli ateş diye bilinen hastalığı tedavi etmesi, yüzyıllar boyu Avrupa'nın büyük bölümünü kasıp kavuran bu ateşli hummanın gerçekten de sıtma olduğunu kanıtlıyordu.

Sonraki üç yüzyıl boyunca sıtma –ve aynı zamanda hazımsızlık, ateş, saç dökülmesi, kanser ve daha pek çok sağlık sorunu– yaygın olarak *Cinchona* ağacının kabuğuyla tedavi edildi. Kabuğun hangi bitkiye ait olduğu, 1735 yılında Fransız botanikçi Joseph de Jussieu Güney Amerika yağmur ormanlarının yüksek yerlerinde araştırma yaparken, bu acı kabuğun kaynağının 21 metreye kadar uzayabilen geniş yapraklı bir ağacın bazı türlerine ait olduğunu keşfedinceye kadar bilinemedi. Ağaç, kahve ağacının da yer aldığı *Rubiaceae* ailesinin bir üyesiydi. Kabuğuna her zaman büyük bir talep olduğundan, hasadı önemli bir endüstri haline geldi. Kabuğun bir kısmını ağacı öldürmeden de soymak mümkün olsa da, ağacı kesip tüm kabuğunu soymak daha fazla kâr sağlıyordu. On sekizinci yüzyılın sonuna gelindiğinde her yıl tahminen 25.000 *quina* ağacı kesiliyordu.

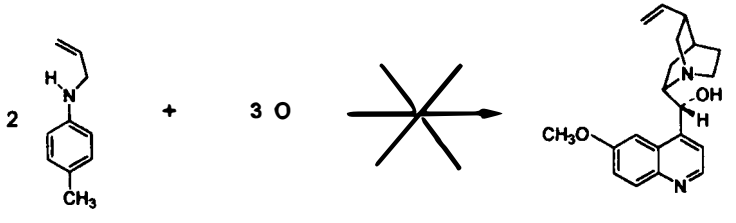
Cinchona ağacı kabuğunun yüksek maliyeti ve kaynak ağacın soyunun tükenme tehlikesine girmesi nedeniyle, sıtmaya karşı etkili olan molekülün yalıtılması, tanımlanması ve imalatı önemli bir hedef haline geldi. Kininin, muhtemelen saf halde olmamakla birlikte ilk kez 1792 yılında yalıtılmış olduğu sanılıyor. Kabukta tam olarak hangi bileşiklerin bulunduğunun araştırılmasıysa 1810 yılı civarında başladı ve Joseph Pelletier ve Joseph Caventou adlı araştırmacıların kinini kabuktan çıkarıp saflaştırmaları ancak 1820 yılında mümkün oldu. Paris Bilimler Enstitüsü bu Fransız kimyacılara değerli çalışmaları nedeniyle on bin frank tutarında para ödülü verdi.

Cinchona kabuğunda bulunan otuza yakın alkaloid arasından kinin etkin madde olarak hemen belirlendi. Yapısıysa ancak yirminci yüzyılın ilerleyen yıllarında tam olarak belirlenebildiğinden, bileşiğin sentezlenmesi yolundaki ilk çabaların fazlaca şansı yoktu. Bun-

lardan biri (9. Bölüm'de karşılaşmış olduğumuz) genç İngiliz kimyacı William Perkin'in iki aliltoluidin molekülünü üç oksijen atomuyla birleştirerek kinin ve su elde etme girişimiydi.

$$\underset{\text{aliltoluidin}}{2C_{10}H_{13}N} + \underset{\text{oksijen}}{3O} \rightarrow \underset{\text{kinin}}{C_{20}H_{24}N_2O_2} + \underset{\text{su}}{H_2O}$$

Perkin'in 1856 yılında, aliltoluidinin formülünün ($C_{10}H_{13}N$) kininin-kinin ($C_{20}H_{24}N_2O_2$) yaklaşık yarısı olması temelinde kurguladığı deneyi başarısız oldu. Artık biliyoruz ki, aliltoluidinin ve daha karmaşık bir molekül olan kininin yapıları aşağıdaki gibidir:



2 aliltoluidin molekülüyle oksijenin birleşmesi sonucunda kinin oluşmaz.

Perkin kinin oluşturamamıştı, ama çalışmaları boya endüstrisine leylak rengiyle birlikte büyük bir servet kazandırmak ve organik kimya biliminin gelişmesini sağlamak açısından son derece verimliydi.

Sanayi Devrimi'nin on dokuzuncu yüzyılda İngiltere ve Avrupa'nın öteki bölgelerine refah getirmesiyle sağlıksız, bataklık tarım alanları sorununu çözmek için yeterli sermaye ortaya çıktı. Kapsamlı su tahliye projeleriyle bataklıklar ve sulak alanlar daha verimli tarım alanlarına dönüştürüldü. Sivrisineklerin üreyebileceği durgun suların azalmasıyla da sıtma en yaygın olduğu alanlarda büyük ölçüde azaldı. Yine de kinine olan talep azalmadı. Tersine, Afrika ve Asya'da Avrupa sömürgeciliği genişledikçe sıtmaya karşı korunma önlemlerine talep de arttı. İngilizlerin sıtmaya karşı koruyucu önlem olarak kinin alma âdetleri, akşamları alınan "cin-tonik" içkisine dönüştü. Karışımdaki cinin işlevi, tonik suyundaki kininin acılığını

yumuşatmaktı. Hindistan, Malaya, Afrika ve Karayipler'deki en değerli sömürgelerinin çoğu sıtmanın yaygın olduğu bölgelerde bulunan İngiliz İmparatorluğu'nun ayakta kalması kinin stoklarına bağlıydı. Hollandalılar, Fransızlar, İspanyollar, Portekizliler, Almanlar ve Belçikalılar da sıtmalı bölgeleri sömürgeleştirdiler. Dünyada muazzam bir kinin talebi oluşmuştu.

Kinin üretimi için sentetik bir yol görünürde olmadığından başka bir çözüm arandı – ve bulundu: Amazon'daki *Cinchona* türlerini başka ülkelerde yetiştirmek. *Cinchona* ağacı kabuğu satışlarından sağladıkları kâr çok büyük olduğundan Bolivya, Ekvador, Peru ve Kolombiya kinin ticareti üzerindeki tekellerini sürdürebilmek için canlı *Cinchona* bitkilerinin ve tohumlarının ülke dışına çıkarılmasını yasaklamıştı. 1853 yılında, Hollanda Doğu Hint Adaları'ndaki Java adasında bir botanik bahçesinin yöneticisi olan Justus Hasskarl adlı Hollandalı, Güney Amerika'dan bir çuval dolusu *Cinchona calisaya* tohumunu kaçırmayı başardı. Bunlar Java'da başarıyla yetiştirildi; ama Hasskarl ve Hollandalıların şansına, *Cinchona* ağacının bu türü görece az kinin içeriyordu. İngilizler de kaçırdıkları *Cinchona pubescens* türüyle Hindistan ve Seylan adasında benzer bir deneyim yaşadılar. Ağaçlar yetişti; ama kabukları maliyeti kurtaracak bir üretim için gereken kinin miktarının ancak yüzde 3'ünü içeriyordu.

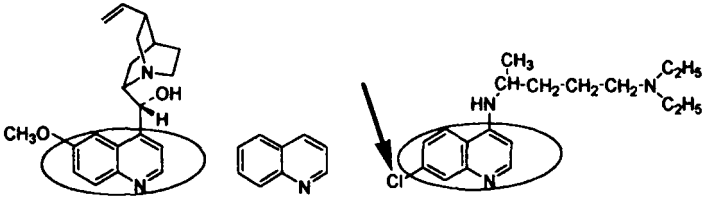
1861 yılında, bir süre *quina* kabuğu ticaretiyle uğraşmış bir Avustralyalı olan Charles Ledger, kinin içeriği çok yüksek olduğu söylenen bir *Cinchona* ağacının tohumlarını satması için Bolivyalı bir yerliyi ikna etti. İngiliz Hükümeti Ledger'ın tohumlarına ilgi göstermedi; herhalde *Cinchona* yetiştirme deneyimleri onları bu girişimin ekonomik olmadığı yargısına götürmüştü. Hollanda hükümetiyse ileride *Cinchona ledgeriana* adını alacak olan türün yarım kilo kadar tohumunu yaklaşık 20 dolara satın aldı. İki yüz yıl kadar önce İngilizler hintcevizini Hollandalılara bırakıp karşılığında Manhattan adasını almakla akıllıca davranmıştı, ama bu kez doğru seçimi yapan Hollandalılar oldu. *Cinchona ledgeriana* kabuğundaki kinin içeriğinin yüzde 13'e kadar çıktığının anlaşılmasıyla, 20 dolarlık bu alım tarihteki en iyi yatırım sıfatını kazandı.

Cinchona ledgeriana tohumları Java'da ekildi ve özenle yetiştirildi. Ağaçlar olgunlaşıp kabuklarının hasadı yapılmaya başladığın-

da Güney Amerika'dan doğal kabuk ihracatı inişe geçti. On beş yıl sonra aynı senaryonun tekrarlanmasıyla bir başka Güney Amerika ağacı olan *Hevea brasiliensis*'in kaçırılan tohumları, yerli kauçuk üretiminin sonunu getirecekti (bkz. 8. Bölüm).

1930'a gelindiğinde dünyadaki kininin yüzde 95'ten fazlası Java' daki plantasyonlarda yetiştiriliyordu. Bu *Cinchona* çiftlikleri Hollandalılar için son derece kârlıydı. Kinin molekülü, daha doğrusu kinin molekülü üzerindeki tekel neredeyse İkinci Dünya Savaşı'nın kaderini değiştiriyordu. 1940 yılında Almanya Hollanda'yı işgal etti ve Amsterdam'daki büyük kinin stoğuna el koydu. Japonların 1942' de Java'yı ele geçirmeleri, sıtmaya karşı etkili olan bu maddenin teminini daha da tehlikeye attı. Smithsonian Kurumu'ndan Raymond Fosberg yönetimindeki bir grup Amerikalı botanikçi, hâlâ doğada yetişen ağaçlardan *quina* kabuğu sağlamak üzere Ant Dağları'nın doğu yakasına gönderildi. Grup birkaç ton kabuk satın alabilmekle birlikte, Hollandalıların büyük başarı kazandıkları *Chincona ledgeriana* türünden ağaca rastlayamadı. Tropikal bölgelerdeki müttefik askerlerin korunması için mutlak bir gereklilik olduğundan, kininin –ya da sıtmaya karşı etkili olan benzer bir molekülün– sentezi bir kez daha büyük önem kazandı.

Kinin, kinolin molekülünün bir türevidir. 1930'larda kinolinin birkaç sentetik türevi yapılmış ve ağır sıtmanın tedavisinde etkileri kanıtlanmıştı. İkinci Dünya Savaşı sırasında sıtma ilaçları üzerine yapılan yoğun araştırmalar, ilk kez savaş öncesinde Alman kimyacılar tarafından geliştirilen ve şimdi *klorokin* diye tanınan 4-aminokinolin türevinin en iyi sentetik seçim olduğunu ortaya koydu.



Hem kinin (solda) hem de klorokin (sağda), ortadaki kinolin yapısını içerir. Klorokindeki klor atomu okla gösterilmiştir.

İnsanlığa son derece yararı dokunmuş bir başka klorokarbon molekülü örneği olan klorokin bir klor atomu içerir. Klorokin kırk yıldan uzun bir süre boyunca insanların büyük çoğunluğunun bünyesince iyi tolere edilen ve öteki sentetik kinolinlerden çok daha az toksik olan güvenli ve etkili bir sıtma ilacı oldu. Ne var ki sıtma parazitinin klorokine karşı direnç kazanmış türleri son otuz-kırk yılda hızla yayılarak klorokinin etkisini azalttığından, şimdi sıtmaya karşı korunmak için daha toksik ve bazen endişe verici yan etkilere sahip olan fansidar ve meflokin gibi bileşikler kullanılıyor.

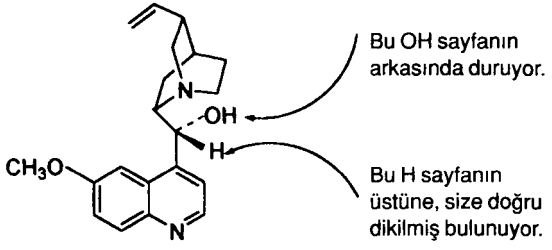
KİNİNİN SENTEZİ

1944 yılında Harvard Üniversitesi'nden Robert Woodward ve William Doering basit bir kinolin türevini, daha önceki kimyacıların 1918'de kinine çevirmeyi başardıkları iddia edilen bir moleküle dönüştürdüklerinde, kinin molekülünü sentezleme hedefine ulaşılmış gibi göründü. Kinin sentezinin sonunda başarıldığı düşünüldü. Gelgelelim durum böyle değildi. Daha önceki çalışmayla ilgili olarak yayımlanan makale öylesine muğlaktı ki, gerçekte ne yapılmış olduğunu ve kimyasal dönüştürme iddiasının doğru olup olmadığını kesin olarak belirlemek mümkün değildi.

Organik doğal ürün kimyacılarının bir sözü vardır: "Yapının nihai kanıtı sentezdir." Bir başka deyişle, kanıtlar önerilen yapının doğruluğunu ne kadar desteklese de, doğruluğundan tam olarak emin olmak için onu bağımsız bir yoldan sentezlemeniz gerekir. Nitekim 2001 yılında, Perkin'in artık ünlenmiş olan kinin yapma girişiminden 145 yıl sonra, New York'taki Columbia Üniversitesi'nden emekli profesör Gilbert Stork ve ekip arkadaşları tam da bunu yaptılar. Farklı bir kinolin türeviyle yola çıktılar, farklı bir yol izlediler ve sentezin her bir adımını kendileri gerçekleştirdiler.

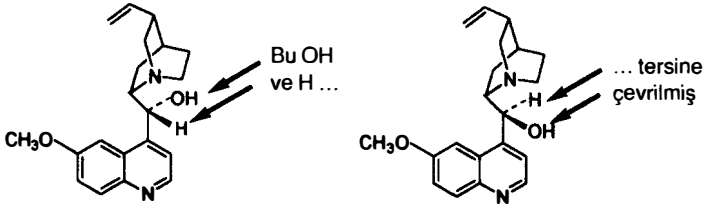
Karmaşık sayılabilecek bir yapıya sahip olmasının ötesinde kinin, doğada oluşmuş birçok başka molekül gibi, ek bir zorluk sunar: karbon atomlarının bazılarının çevresindeki bağların uzayda hangi yöne baktığının belirlenmesi. Kininin yapısı, kinolin halka sistemine bitişik karbon atomunun çevresinde ◄ (içi dolu kama şeklindeki) bağ sembolüyle gösterilen ve sayfa düzleminden yukarıya (oku-

ra doğru) yönlenmiş bir H atomuyla, ---- (kesik çizgi) sembolüyle gösterilen, sayfa düzleminin arkasına yönelik bir OH'ye sahiptir.



Kinin molekülü

Bu bağların farklı uzamsal düzenlemelerinin bir örneği aşağıdaki gibidir:



Kinin (solda) ve laboratuvarda kinin ile aynı zamanda sentezlenecek olan çok benzeyen çeşidi.

Doğa çoğu zaman bu gibi bileşik çiftlerinden yalnızca birini yapar; ama kimyacılar aynı molekülü sentetik olarak yapmaya kalktıklarında doğal ve tersinmiş moleküllerin eşit bir karışımını elde etmekten kaçınamazlar. Birbirlerine çok benzedikleri için çiftteki farklı molekülleri ayırmak hem kolay değildir hem de vakit alır. Kinin molekülünde, laboratuvar sentezi sırasında hem doğal hem de tersinmiş versiyonları kaçınılmaz olarak birlikte ortaya çıkan üç ayrı karbon atomu daha bulunur. Dolayısıyla bu zahmetli ayıklama ope-

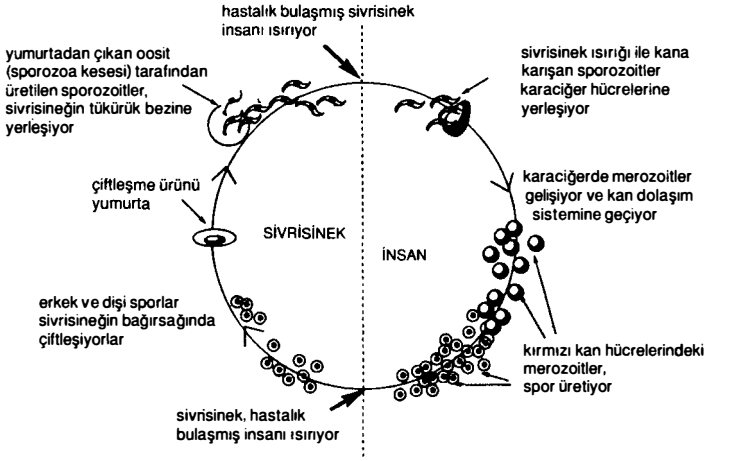
rasyonlarının dört kez tekrarlanması gerekir. İşte Stork ve ekibinin başarıyla verdiği sınav buydu; ama 1918 yılında bu sorunun –çözülmek bir yana– doğru dürüst kavranmış olduğunu gösteren bir kanıt bulunmuyor.

Endonezya, Hindistan ve Zaire ile öteki Afrika ülkelerindeki plantasyonlarda kinin hasadı sürüyor ve daha az olmakla birlikte bir miktar kinin de Peru, Bolivya ve Ekvador'daki doğal kaynaklardan sağlanıyor. Günümüzde temel olarak kinin suyu, tonik suyu ve öteki acı içkilerin yanı sıra (bir kalp ilacı olan) kinidin üretiminde kullanılan kininin, klorokine dirençli bölgelerde hâlâ sıtmaya karşı bir ölçüde koruma sağladığı düşünülüyor.

İNSANIN SITMAYA BULDUĞU ÇÖZÜM

İnsanlar daha fazla kinin elde etmenin ya da onu sentetik olarak yapmanın yollarını araştıradursun, hekimler hâlâ sıtmaya neyin yol açtığını bulmaya çalışıyorlardı. 1880 yılında Cezayir'deki Fransız ordusunda görevli bir doktor olan Charles-Louis-Alphonse Laveran, sonunda bu hastalıkla mücadelede yeni bir moleküler yaklaşıma kapıları açacak olan bir keşifte bulundu. Kan örneklerinin slaytlarını mikroskopla inceleyen Laveran, sıtmalı hastaların kanlarında şimdi sıtma protozoası *Plasmodium*'un bir evresi olduğunu bildiğimiz hücreler gördü. Laveran'ın başlangıçta tıp camiasınca hafife alınan bulguları, sonraki birkaç yıl içinde *P. Vivax* ve *P. Malariae*, ardından da *P. Falciparum*'un bulunmasıyla doğrulandı. 1891'de artık hastalık yapan sıtma parazitinin hangisi olduğu, *Plasmodium* hücresini çeşitli boyalarla işaretleyerek belirlenebiliyordu.

Sivrisineklerin sıtmanın bulaşmasından bir şekilde sorumlu oldukları varsayılmakla birlikte, Hindistan'da doğmuş olan ve Hindistan Sağlık Servisi'nde hekim olarak çalışan Ronald Ross adlı genç İngilizin *Plasmodium*'un anofelin bağırsağındaki başka bir evresini tanımlaması 1897 yılını buldu. Böylece, parazit, böcek ve insan arasındaki karmaşık ilişki ortaya çıkmış oldu. Bundan sonradır ki, parazitin yaşam döngüsünün belirli noktalarında saldırıya açık olduğu fark edildi.

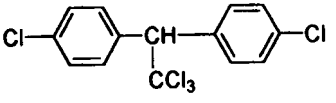


Plasmodium *parazitinin yaşam döngüsü. Merozoitler periyodik olarak (her 48 ya da 72 saatte bir) hastanın kırmızı kan hücrelerinden dışarıya çıkarak ateşinin yükselmesine neden olur.*

Bu hastalık döngüsünü kırmanın olası birçok yolundan biri, paraziti karaciğer ve kandaki merozoit evresinde öldürmektir. Bir başka aşikâr savaş yöntemi, hastalığı taşıyan sivrisineğin kendisini hedef almaktır. Bu, sivrisineğin ısırmasını önlemek, yetişkin sivrisinekleri öldürmek ya da üremelerini engellemek yoluyla yapılabilir. Sivrisinek ısırığını önlemek her zaman kolay değildir. Doğru dürüst bir evin halkın çoğunluğunun imkânlarının ötesinde olduğu yerlerde pencerelerin sinek telli olması beklenemez. Sivrisineklerin üremesini önlemek için durgun ya da ağır akan suların tahliyesi de pratik bir çözüm değildir. Suyun üzerine ince bir tabaka yağ dökerek sudaki larvaların nefes almasını engellemek suretiyle sivrisinek nüfusu belli ölçüde kontrol altında tutulabilir. Ama anofel sivrisineğine karşı en iyi mücadele yöntemi, güçlü böcek öldürücüler kullanmaktır.

Başlangıçta bunlar arasında en önemli olanı, böceklere özgü bir sinir kontrol sistemini bozarak etki gösteren DDT adlı klorlu bir moleküldü. Bu özelliği nedeniyle DDT, böcekleri öldürmesine karşın –böcek öldürücü olarak kullanıldığı ölçeklerde– öteki hayvanlar

için toksik değildir. İnsanlar için tahmin edilen öldürücü doz, otuz gramdır. Bu önemli bir miktardır ve DDT'den ölen insan duyulmamıştır.



DDT molekülü

İyileştirilmiş halk sağlığı sistemleri, daha iyi evler, kırsal kesimlerde yaşayan nüfusun görece azlığı, durgun suların büyük ölçüde tahiye edilmiş olması ve sıtma önleyici ilaçlara kolayca erişim gibi birçok etmen sayesinde sıtma, yirminci yüzyılın başlarında Batı Avrupa ve Kuzey Amerika'da çok büyük ölçüde azalmıştı. DDT, gelişmiş ülkelerde paraziti yok etmek için gereken nihai adımdı. 1955 yılında Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sıtmayı dünyanın geri kalanından da silmek için DDT ile büyük bir kampanya başlattı.

DDT ilaçlama kampanyası başladığında, yaklaşık 1,8 milyar insan sıtma bölgelerinde yaşıyordu. 1969 yılında bu insanların yüzde 40'ı için sıtma ortadan kalkmıştı. Bazı ülkelerde sonuçlar inanılmaz derecede başarılıydı: 1947 yılında Yunanistan'da yaklaşık iki milyon sıtma vakası kaydedilmişken, 1972 yılında bu sayı yalnızca yediydi. Yirminci yüzyılın son çeyreğinde Yunanistan'ın artan ekonomik refahı bir moleküle bağlanabilse, kuşkusuz bu DDT olurdu. Hindistan'da 1953'te pompalarla DDT ilaçlaması başlamadan önce yılda tahminen 75 milyon vaka görülüyordu. 1968'e gelindiğindeyse bu sayı 300.000'e düşmüştü. Dünyanın her yerinden benzer sonuçlar geliyordu. DDT'nin bir mucize molekül olarak görülmesi boşuna değildi. 1975 yılında WHO, Avrupa'yı sıtmadan arınmış ilan ediyordu.

DDT uzun ömürlü bir böcek öldürücü olduğundan altı ayda bir –ya da hastalığın mevsimsel olduğu durumlarda yılda bir– ilaçlama, hastalığa karşı koruma sağlamak için yeterliydi. İlaç, evlerin dişi sivrisineğin tutunup kan ziyafeti için geceyi beklediği iç duvarlarına püskürtülüyordu. DDT püskürtüldüğü yerde kalıyor ve pek azının

gıda zincirine bulaşabileceği düşünülüyordu. Üretilmesi pahalı olmayan bir moleküldü ve o zamanlar hayvan yaşamının diğer biçimleri üzerinde pek az toksik etkisi görülmüştü. DDT'nin biyobirikiminin yıkıcı sonuçları ancak daha sonra ortaya çıkmaya başladı. Ayrıca o zamandan bu yana kimyasal böcek öldürücülerin aşırı kullanımının ekolojik dengeyi bozup çok daha ciddi haşere sorunlarının ortaya çıkmasına yol açabileceğini de öğrenmiş olduk.

WHO'nun sıtmaya açtığı savaş ilk başlarda umut verici görünse de, parazitin tüm dünyada yok edilmesinin birtakım nedenlerle sanılandan daha güç bir hedef olduğu ortaya çıktı. Sivrisineğin DDT'ye karşı direnç geliştirmesi, insan nüfusunun artması, sivrisinekler ya da larvalarıyla beslenen türlerin sayısını azaltan ekolojik değişimler, savaş, doğal afetler, halk sağlığı hizmetlerinin kötüleşmesi ve *Plasmodium*'un sıtmaya karşı geliştirilen moleküllere olan direncinin artması, bu nedenler arasında sayılabilir. Neticede 1970'lerin başlarında WHO sıtmanın kökünün kazınması hayalini bir kenara bırakıp çabalarını hastalığın kontrolü üzerinde yoğunlaştırmak zorunda kalmıştı.

Eğer moleküllerin moda ve demode olduğu söylenebilirse, DDT'nin gelişmiş ülkelerde vitrinlerden kalktığına, hatta adının bile kulağa itici geldiğine şüphe yok. Yine de, şimdi birçok ülkede yasaklanmış olmasına karşılık, bu molekülün elli milyon insanın hayatını kurtarmış olduğu tahmin ediliyor. Yani bednam bir molekülün doğrudan ve muazzam etkisi sayesinde, gelişmiş ülkelerde sıtmadan ölme tehlikesi büyük ölçüde ortadan kalkmış görünüyor. Ama dünyanın sıtmanın yaygın olduğu bölgelerinde yaşayan milyonlarca insan için bu tehlike geçmiş değil.

HEMOGLOBİN – DOĞANIN KORUNMA ÖNLEMİ

Bu gibi yerlerin çoğunda pek az insan anofellerin sayısını kontrol altında tutan molekülleri ya da Batı'dan gelen turistlere koruma sağlayan sentetik kinin benzerlerini satın alabilecek durumdadır. Ancak bu bölgelerde doğa, sıtmaya karşı çok daha değişik bir savunma aracı bahşetmiştir. Büyük Sahra'nın altındaki bölgelerde yaşayan Afrikalıların yüzde 25 kadarı, orak hücre anemisi (kansızlığı) diye bili-

nen sancılı ve güçten düşürücü bir hastalığa genetik yatkınlık taşır. Anne ve babanın her ikisi de bu yatkınlığı taşıyorsa, çocuğun bu hastalığa yakalanma olasılığı yüzde 25, taşıyıcı olma olasılığı yüzde 50 ve ne taşıyıcı olma ne de hastalığa yakalanma olasılığı yüzde 25'tir.

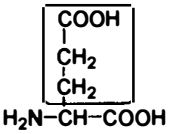
Normal kırmızı kan hücreleri yuvarlak ve esnek olduklarından vücuttaki ince damarlardan geçebilir. Ancak, orak hücre anemisi hastalarında kırmızı kan hücrelerinin yaklaşık yarısı sertleşir ve uzamış bir hilal ya da orak biçimini alır. Bu sert ve orak biçimli hücreler dar kılcal damarlardan geçmekte zorlanır ve tıkanmalara neden olarak kas dokusundaki ve hayati organlardaki hücrelerin kansız ve oksijensiz kalmalarına yol açar. Bu, büyük acı veren ve bazen etkilenmiş organ ve dokularda kalıcı hasar bırakan bir oraklaşma "krizine" yol açar. Vücut orak biçimli anormal hücreleri normalden daha yüksek bir hızla yok eder ve bu da kırmızı kan hücrelerinin toplam sayısında bir azalmaya neden olur. Aneminin nedeni budur.

Yakın zamanlara kadar orak hücre anemisi çocuklarda öldürücüydü; kalp sorunları, böbrek yetmezliği, karaciğer yetmezliği, enfeksiyon ve inmeler sonuçlarını erken yaşta gösteriyordu. Günümüzdeki tıbbi uygulamalar –tedavi değil– hastaların daha uzun ve daha sağlıklı yaşamalarını sağlayabiliyor. Orak hücre anemisi hastalığından mustarip olanlar oraklaşma (kanda kırmızı kan hücrelerinin orak biçimini alarak sertleşmesi) sürecinden etkilense de, bu çoğu zaman kan dolaşımını engelleyecek düzeylere varmıyor.

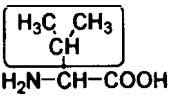
Sıtma bölgelerinde yaşayıp orak hücre yatkınlığı taşıyanlar için ise hastalık değerli bir teselli ödülü sunuyor: sıtmaya karşı önemli ölçüde bağışıklık. Sıtma vakalarıyla orak hücre anemisi taşıyıcılığının yüksek oranı arasındaki belirgin ilişki, taşıyıcı olmanın evrimsel avantajıyla açıklanıyor. Orak hücre hastalığına yatkınlığı hem anne hem de babalarından miras alanlar, genellikle çocukluk çağında ölüyorlar. Annelerinden de babalarından da hastalığı miras almayanlar, çoğu kez çocuk yaşta sıtmadan ölüyorlar. Orak hücre genini anne ve babalarının yalnızca birinden miras alanlarınsa sıtma parazitine karşı belli bir bağışıklığı oluyor ve bunlar üreme çağına kadar hayatta kalabiliyor. Böylece genetik olarak miras alınan orak hücre anemisi hastalığı, bir toplum içinde varlığını sürdürmekle kalmıyor, yeni kuşaklarda yaygınlığı artıyor. Sıtmanın olmadığı yerlerde orak

hücre anemisi taşıyıcılığının da bir yararı olmayacağından, bu hastalığa yatkınlık toplum içinde yaygınlığını sürdüremezdi. Kızılderili toplumunda sıtmaya karşı bağışıklık kazandıran anormal bir hemoglobinin bulunmayışı, Kolomb'un gelişinden önce Amerika kıtalarında sıtma olmayışının kanıtı olarak kabul ediliyor.

Alyuvarların kırmızı rengi, görevleri vücuda oksijen taşımak olan hemoglobin moleküllerinin varlığından gelir. Hayati tehlike yaratan orak hücre anemisi hastalığının nedeni, hemoglobin yapısındaki son derece küçük bir değişimdir. Hemoglobin bir proteindir. İpek gibi o da amino asit birimlerinden oluşan bir polimerdir. Ama değişken dizilimli amino asitlerden oluşan zincirleri binlerce birim içerebilen ipeğin tersine, hemoglobinin düzgün dizilimli amino asitleri, birbirinin aynı ikişer iplikçikten oluşan iki set halinde düzenlenmiştir. Bu dört iplikçik, demir içerikli dört oluşumun –oksijen atomlarının tutunduğu yerler– çevresinde birbirlerine sarılı olarak yer alır. Orak hücre anemisi olan hastalarda, bu iplikçik setlerinden birindeki amino asitlerden yalnızca bir tanesi farklıdır: ß ipliği denen kol üzerindeki altıncı amino asit, normal hemoglobinde bulunan glutamik asit yerine valindir.



Glutamik asit



Valin

Valin, glutamik asitten yalnızca (çerçeve içine alınmış) yan zincirin yapısıyla farklıdır.

ß ipliği 146, α ipliğiyse 141 amino asitten oluşur. Demek ki amino asitlerdeki farklılık yalnızca 287'de bir, diğer bir ifadeyle yüzde 1'in yaklaşık üçte biri kadardır. Buna karşılık, orak hücre yatkınlığını her iki ebeveyninden miras almış bir kişi için bu küçücük değişiklik korkunç sonuçlar anlamına gelir. Yan grubun amino asidin yapısının yalnızca üçte birini oluşturduğunu söyleyecek olursak, fark daha da küçülerek yüzde 1'in onda biri civarına iner.

Protein yapısındaki bu değişim orak hücre anemisinin belirtilerini açıklar. Glutamik asidin yan grubunda yapısının parçası olarak COOH bulunurken, valininkinde bulunmaz. ß ipliğindeki altıncı amino asit kalıntısında bu COOH olmadığında, orak hücre anemisi hemoglobininin oksijensizleşmiş biçimi çok daha az çözünürlük özelliğine sahiptir; böylece hemoglobin alyuvarların içinde çökelerek hücrelerin biçiminin değişmesine ve sertleşmesine neden olur. Orak hücre anemisinin oksijenlenmiş biçimi ise fazla etkilenmez. Dolayısıyla oksijensizleşmiş hemoglobin sayısı arttıkça oraklaşma da artar.

Oraklaşmış hücreler kılcal damarları tıkamaya başladıkça bölgedeki dokular yeterli oksijen alamaz; oksijenlenmiş hemoglobin oksijensizleşmiş biçime dönüşür ve oraklaşma daha da artar. Bu fasit daire sonunda krize dönüşür. Orak hücre yatkınlığı taşıyanların da oraklaşma tehlikesine açık olmalarının nedeni budur. Bu kişilerde normal olarak alyuvarların yalnızca yüzde birinin oraklaşmış durumda bulunmasına karşılık, hemoglobin moleküllerinin yüzde 50'si oraklaşma potansiyeli taşır. Bu, kabin basıncı olmayan uçaklarda meydana gelebileceği gibi, yüksek irtifada yapılan egzersizlerden sonra da gerçekleşebilir. Her ikisi de hemoglobinin oksijensizleşmiş formunun vücutta birikebileceği koşulları oluşturur.

İnsan hemoglobininin kimyasal yapısında 150'nin üzerinde farklı varyasyon bulunmuştur. Bunların bazılarının öldürücü olmasına ya da sorun yaratmasına karşılık çoğu zararsız görünür. Güneydoğu Asya kökenli insanlara özgü alfa talasemi ya da en sık Yunanlı ve İtalyanlar gibi Akdeniz kökenliler arasında görülmekle birlikte Ortadoğu, Hindistan, Pakistan ve Afrika'nın bazı bölgelerinde de rastlanan beta talasemi gibi öteki kansızlık biçimlerine yol açan hemoglobin çeşitlerini taşıyanların, sıtmaya karşı kısmi bir dirence sahip olduğu düşünülmektedir. Büyük olasılıkla her bin insandan beşinin hemoglobinlerinin yapılarında şu ya da bu şekilde bir varyasyon bulunur, ama çoğu bunu hiç bilmeyecektir.

Orak hücre anemisinin zararlı sonuçlarına yol açan, yalnızca glutamik asitle valinin yan grupları arasındaki farklılık değildir. Bu farkın ß ipliği üzerinde nerede ortaya çıktığı da önem taşır. Başka bir pozisyonda aynı farkın hemoglobinin çözünürlüğü ve kan hücre-

sinin biçimi üzerinde benzer bir etki yapıp yapmayacağını bilmiyoruz. Ve bu değişimin neden sıtmaya karşı bağışıklık sağladığını da tam olarak açıklayamıyoruz. Görünen o ki, altıncı pozisyonda valin bulunan hemoglobin içeren alyuvardaki bir şey, *Plasmodium* parazitinin yaşam döngüsünü bozuyor.

Sıtmaya karşı süren savaşın merkezinde olan üç molekülün her biri, kimyasal açıdan çok farklı olmalarına karşılık, geçmişin olayları üzerinde önemli etkilerde bulundu. İnsanlığa uzun süredir faydası dokunan *Cinchona* kabuğunun alkaloidleri, bu ağaçların yetiştiği Ant Dağları'nın doğu yamaçlarında yaşayan yerli halka ekonomik refah getirmedi. Yabancılar daha az gelişmiş bir ülkenin benzersiz bir doğal kaynağını kendi yararlarına kullanarak kinin molekülünden kâr sağladılar. Dünyanın büyük bölümünün Avrupalılarca sömürgeleştirilmesini, başka birçok doğal ürün gibi onları yapay olarak üretmeye ya da kimyasal yapılarında değişiklikler yaparak etkilerini artırmaya çalışan kimyacılara moleküler bir model sunan kinin sağladı.

Kinin molekülü on dokuzuncu yüzyılda Britanya İmparatorluğu'nun büyümesini ve öteki Avrupa sömürgelerinin genişlemesini sağlasa da, sıtmayı Avrupa ve Kuzey Amerika'dan yirminci yüzyılda kazıyan, bir böcek öldürücüsü olarak DDT'nin gösterdiği başarı oldu. DDT doğal bir benzeri olmayan sentetik bir organik moleküldür. Bu tür moleküller yapıldığında her zaman bir risk söz konusudur – hangisinin yarar sağlayacağını, hangisinin zararlı etkileri olacağını kesin olarak bilemeyiz. Yine de hangimiz tüm yeni moleküller yelpazesinden, kimyacıların yaşamlarımızı iyileştiren buluşlarından, antibiyotik ve antiseptiklerden, plastik ve polimerlerden, kumaş ve tatlardan, anestetik ve katkı maddelerinden, renkler ve soğutuculardan vazgeçmeye razı olabilir?

Oraklaşmış hemoglobini üreten küçük moleküler değişimin etkileri üç kıtada hissedildi. Sıtmaya direnç, on yedinci yüzyılda Afrikalı köle ticaretinin hızla gelişmesinde önemli bir faktördü. Yeni Dünya'ya taşınan kölelerin büyük çoğunluğu, Afrika'nın sıtmanın yerleşik, orak hücre anemisi geninin yaygın olduğu bölgesinden geliyordu. Köle tacirleri ve köle sahipleri hemoglobin molekülün-

deki altıncı pozisyonda glutamik asidin yerini valinin almasının sağladığı evrimsel avantajı fark edip kullanmakta gecikmediler. Afrikalı kölelerin sıtmaya olan bağışıklıklarının kimyasal nedenini elbette ki bilmiyorlardı. Bildikleri, Afrikalı kölelerin şeker ve pamuk tarımına uygun tropikal iklimlerdeki hummalara genellikle dayanabildikleri, buna karşılık plantasyonlarda çalıştırılmak üzere Yeni Dünya'nın öteki bölgelerinden getirilen yerlilerin hastalıklara hızla yenik düştükleriydi. Bu küçük moleküler değişim kuşaklarca Afrikalıyı köleliğe mahkûm etti.

Köleler ve soyları sıtmaya kurban gitselerdi, kölelik tarihteki kadar süremezdi. Yeni Dünya'nın uçsuz bucaksız şeker plantasyonlarından sağlanan kârlar Avrupa'nın ekonomik gelişimine harcanamazdı. Büyük şeker plantasyonları oluşturulamazdı. Pamuk ABD'nin güneyinde önemli bir ürün haline gelemez, İngiltere'de Sanayi Devrimi gecikebilir ya da çok farklı bir yol izleyebilir ve ABD'de iç savaş patlak vermeyebilirdi. Hemoglobinin kimyasal yapılarındaki bu küçücük değişiklik olmasa, son beş yüz yılın olayları çok farklı olurdu.

Kinin, DDT ve hemoglobin – birbirlerinden çok farklı bu üç molekülü, tarihsel olarak dünyadaki en büyük ölüm nedenlerinden biriyle olan ilişkileri birleştirir. Ayrıca daha önceki bölümlerde incelenen moleküllere de tipik birer örnek oluştururlar. Uygarlığın gelişmesinde uzun erimli etkileri olmuş birçok bileşik gibi kinin doğada bulunan bir bitkisel üründür. Hemoglobin de doğal bir üründür, ama hayvan kaynaklıdır. Hemoglobin ayrıca polimerler diye sınıflandırılan bir moleküller grubundandır ve her tür polimer de yine tarih boyunca büyük değişimlere aracılık etmiştir. DDT'ye gelince, o da çoğu kez insan yapımı bileşiklere ilişkin açmazları ortaya koymuştur. Yeni moleküller yaratanların dehalarıyla üretilen sentetik maddeler olmasa, dünyamız –iyi ya da kötü– çok farklı olurdu.

SONSÖZ

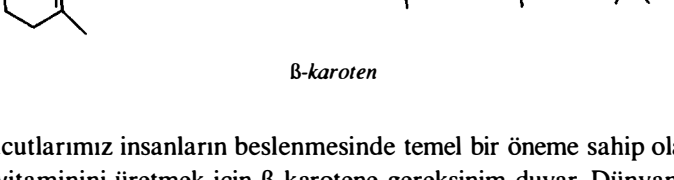
TARİHSEL OLAYLAR hemen her zaman birden fazla nedene dayanır ve dolayısıyla bu kitapta sözü edilen olayları yalnızca kimyasal yapılara bağlamak, çok basite indirgeyen bir bakış açısı olur. Öte yandan kimyasal yapıların uygarlığın gelişmesinde temel ama çoğu zaman gözden kaçırılan bir rol oynadığını söylemek de abartı olmaz. Bir kimyacı farklı bir doğal ürünün yapısını belirlediğinde ya da yeni bir bileşik sentezlediğinde, ufak bir kimyasal değişimin –şurada ikili bir bağın kaydırılması, orada bir başkası yerine oksijen atomunun yerleştirilmesi, bir yan grupta değişiklik yapılması– etkisi çoğu zaman fazla önemli görülmez. Çok küçük değişimlerin yapabildiği muazzam etkileri ancak geriye baktığımızda fark ederiz.

Bu bölümlerde gösterilen kimyasal yapılar ilk başta size yabancı ve karmaşık gelmiş olabilir. Umuyoruz ki bu çizimlerdeki esrar perdesini biraz aralamışızdır ve kimyasal bileşiklerin moleküllerini meydana getiren atomların nasıl kesin tanımlı birtakım kurallara uyduğunu artık görebiliyorsunuzdur. Yine de, bu kuralların sınırları içinde, farklı yapılar için sınırsız gibi görünen olasılıklar bulunur.

İlginç ve önemli hikâyeleri olduğu için seçtiğimiz bileşikler iki temel grupta yer alıyor. Birinci grup, doğal kaynaklardan sağlanan, insanların peşinde koştukları değerli molekülleri içeriyor. Bu molekülleri elde etme arzusu, tarihin eski dönemlerinin birçok veçhesini şekillendirdi. Son bir buçuk yüzyıl içindeyse ikinci grup moleküller, yani laboratuvarlarda ya da fabrikalarda üretilen bileşikler önem kazandı. Bunlar arasında indigo gibi bazıları doğal bir üründeki mole-

küllerin tıpatıp aynısıyken, aspirin gibi başkaları doğal ürünün değiştirilmiş biçimlerinden ibaret. Bazen de CFC'ler gibi, doğada benzeri bulunmayan tümüyle yeni moleküller söz konusu oluyor.

Bu gruplara şimdi üçüncü bir sınıfı da ekleyebiliriz: gelecekte uygarlığımız üzerinde muazzam, ama bugünden öngörülemeyen bir etki yapabilecek olan moleküller. Bunlar doğa tarafından, ama insanların yönlendirmesi ve müdahalesiyle üretilen moleküller. Genetik mühendisliği (ya da biyoteknoloji – veya bir organizmaya yeni genetik malzeme aşılanması sürecine her ne ad veriliyorsa o) daha önce var olmadıkları yerde moleküllerin üretilmesini sağlıyor. Örneğin "altın pirinç", (havuç ve öteki sarı meyve ve sebzelerde bolca bulunan, ayrıca koyu yeşil, yapraklı bitkilerde de var olan) ß-karoten üretmesi için genleriyle oynanmış bir pirinç türüdür.



ß-karoten

Vücutlarımız insanların beslenmesinde temel bir öneme sahip olan A vitaminini üretmek için ß-karotene gereksinim duyar. Dünyanın her yanında, özellikle de pirincin temel bir gıda maddesi olduğu Asya'da milyonlarca insanın diyeti ß-karoten açısından fakirdir. A vitamini eksikliği körlük, hatta ölüm getiren hastalıklara davetiye çıkarır. Pirinç tanelerinde hemen hemen hiç ß-karoten bulunmaz ve dünyanın bu molekülün genelde başka kaynaklardan edinilmediği, pirinç tüketilen bölgelerinde ß-karotenin altın pirince eklenmesi, daha sağlıklı bir yaşam umudu verir.

Gelgelelim bu tür genetik mühendisliği uygulamalarının sakıncaları da yok değil. ß-karoten molekülü zaten birçok bitkide doğal olarak bulunsa da, biyoteknolojiyi eleştirenler, bu molekülü doğal olarak bulunmadığı yerlere sokmanın güvenli olup olmayacağını sorguluyorlar. Böyle moleküller var olan başka bileşiklerle olumsuz tepkimelere girer mi? Bazı kimseler için alerjen olma ihtimalleri var

mıdır? Doğaya müdahale etmenin uzun vadeli etkileri neler olabilir? Bunlar gibi birçok biyolojik ve kimyasal soru işaretinin yanı sıra genetik mühendisliğiyle ilgili olarak, bu araştırmaların büyük bölümünün dayandığı kâr güdüsü, ürün çeşitliliğinin kaybı ve tarımın küreselleşmesi gibi kaygılar da dile getiriliyor. Doğayı molekülleri istediğimiz biçimde ve istediğimiz yerde üretmeye zorlamanın aşikâr gibi görünen avantajlarına karşın, tüm bu nedenler ve belirsizlikler karşısında ihtiyatla hareket etmeliyiz. PCB ve DDT moleküllerinde görüldüğü gibi, kimyasal bileşikler hem bir nimet hem de baş belası olabilir ve keşifleri sırasında bunların hangisi olacaklarını her zaman bilemeyiz. İnsanın yaşamı yöneten karmaşık kimyasalların yapılarıyla oynaması, sonunda daha iyi tahılların geliştirilmesinde, haşere ilaçlarının kullanımının azaltılmasında ve hastalıkların köklerinin kazınmasında önemli roller oynayabilir. Ne var ki böyle müdahaleler –en kötü senaryoyu düşünürsek– hayatın kendisini bile tehdit edebilecek hiç beklenmeyen sonuçlara da yol açabilir.

Gelecekte insanlar uygarlığımıza baktıklarında, yirmi birinci yüzyılı en çok etkileyen moleküllerin hangileri olduğunu düşünecekler? Genetiği değiştirilmiş tahıllara eklenen ve (kasıtsız olarak) yüzlerce bitki türünü ortadan kaldıran doğal haşere öldürücü moleküller mi? Vücut ve zihin sağlığımızı geliştiren ilaç molekülleri mi? Terörizm ve örgütlü suçla ilişkili uyuşturucu ya da keyif verici yeni yasadışı madde çeşitleri mi? Çevremizi daha da kirleten toksik moleküller mi? Yeni ya da daha verimli enerji kaynaklarına yol açan moleküller mi? Yoksa aşırı kullanımı dirençli "süperböceklerin" gelişmesine yol açan antibiyotikler mi?

Kolomb piperin arayışının sonuçlarını öngöremezdi; Macellan izoöjenol bulma çabalarının uzun dönemli etkilerinden habersizdi; Schönbein ise karısının önlüğüyle yaptığı nitroselülozun, patlayıcılar ve tekstil gibi çok farklı büyük endüstrilerin başlangıcı olduğunu duysa hayretten donakalırdı. Perkin, küçük deneyinin sonunda yalnızca muazzam bir sentetik boya ticaretine değil, antibiyotik ve eczacılık ürünlerinin gelişmesine de yol açacağını tahmin edemezdi. Marker, Nobel, Chardonnet, Carothers, Lister, Baekeland, Goodyear, Hofmann, Leblanc, Solvay Kardeşler, Harrison, Midgley ve öykülerini anlattığımız tüm diğerleri, keşiflerinin tarihi önemi hak-

kında fikir sahibi değillerdi. O halde biz de, bugün bildiğimiz hayatı ileride torunlarımıza "dünyamızı değiştiren işte bu" dedirtecek kadar büyük ve beklenmedik ölçüde değiştirecek bir molekülün halihazırda var olduğunu iddia etmekte tereddüt yaşıyorsak, pek de yalnız sayılmayız.

TEŞEKKÜR

BU KİTAP AİLELERİMİZİN, dostlarımızın ve meslektaşlarımızın enerjik destekleri olmadan yazılamazdı. Herkese teşekkür ediyoruz. Hepsini kullanamamış olsak da her öneri ya da görüş için minnettarız.

Yeni Zelanda'daki Auckland Üniversitesi'nden Profesör Con Cambie, herhalde emekliliğinde vaktini moleküllerin yapısal diyagramlarını ve kimyasal formülleri kontrol ederek geçirmeyi düşünmemiştir. Bunu gönüllü olarak yaptığı için, kartal gibi keskin gözleri ve projeye canıgönülden sağladığı destek için ona müteşekkiriz. Kitapta herhangi bir yanlış kalmışsa, bizdendir.

Kimyasal yapılarla tarihsel olaylar arasındaki ilgimizin potansiyellerini gören temsilcimiz Jane Dystel'e de teşekkür borçluyuz.

Tarcher/Putnam Yayınevi'ndeki editörümüz Wendy Hubbert, kitabı yayıma hazırlama sürecinde (kimya hakkında) çok şey öğrendiğini iddia ediyor; ama biz Wendy'den daha çok şey öğrendiğimizi düşünüyoruz. Satırların ve geçişlerin bir anlatım bütünlüğü sergilemesi konusundaki ısrarı, bu çalışmayı bir kitap haline getirdi. Bize göre bağlantılar zaten mevcuttu; ancak, hiçbir şeyin havada kalmasına izin vermeyen Wendy, her şeyi birbirine olması gerektiği gibi bağlamamız için bizi teşvik etti.

Son olarak, bizden önceki kimyacıların merak ve zekâlarını da saygıyla anıyoruz. Onların çalışmaları olmaksızın, kimyayı anlamanın ve ondan büyülenmenin keyfine varamazdık.

KAYNAKÇA

Allen, Charlotte. "The Scholars and the Goddess." *Atlantic Monthly*. January 2001.

Arlin, Marian. *The Science of Nutrition*. New York: Macmillan, 1977.

Asbell, Bernard. *The Pill: A Biography of the Drug That Changed the World*. New York: Random House, 1995.

Aspin, Chris. *The Cotton Industry*. Aylesbury: Shire Publications, 1995.

Atkins, P. W. *Molecules*. Scientific American Library dizisi, no. 21. New York: Scientific American Library, 1987.

Balick, Michael J. ve Paul Alan Cox. *Plants, People, and Culture: The Science of Ethnobotany*. Scientific American Library dizisi, no. 60. New York: Scientific American Library, 1997.

Ball, Philip. "What a Tonic." *Chemistry in Britain* (Ekim 2001): 26-29.

Bangs, Richard ve Christian Kallen. *Islands of Fire, Islands of Spice: Exploring the Wild Places of Indonesia*. San Francisco: Sierra Club Books, 1988.

Brown, G. I. *The Big Bang: A History of Explosives*. Gloucestershire: Sutton Publications, 1998.

Brown, Kathryn. "Scary Spice." *New Scientist* (23-30 Aralık 2000): 53.

Brown, William H. ve Christopher S. Foote. *Organic Chemistry*. Orlando, Fla.: Harcourt Brace, 1998.

Bruce, Ginny. *Indonesia: A Travel Survival Kit*. Australia: Lonely Planet Publications, 1986.

Bruice, Paula Yurkanis. *Organic Chemistry*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1998.

Cagin, S. ve P. Day. *Between Earth and Sky: How CFCs Changed Our World and Endangered the Ozone Layer*. New York: Pantheon Books, 1993.

Campbell, Neil A. *Biology*. Menlo Park, Calif.: Benjamin/Cummings, 1987; Türkçesi: *Biyoloji*, çev. İ. Türkan, E. Gündüz, Ankara: Palme, 2013.

Carey, Francis A. *Organic Chemistry*. New York: McGraw-Hill, 2000.

Caton, Donald. *What a Blessing She Had Chloroform: The Medical and Social Responses to the Pain of Childbirth from 1800 to the Present*. New Haven: Yale University Press, 1999.

Chang, Raymond. *Chemistry.* New York: McGraw-Hill, 1998.

Chester, Ellen. *Woman of Valor: Margaret Sanger and the Birth Control Movement in America.* New York: Simon and Schuster, 1992.

Clow, A. ve N. L. Clow. *The Chemical Revolution: A Contribution to Social Technology.* Londra: Batchworth Press, 1952.

Collier, Richard. *The River That God Forgot: The Story of the Amazon Rubber Boom.* New York: E. P. Dutton, 1968.

Coon, Nelson. *The Dictionary of Useful Plants.* Emmaus, Pa.: Rodale Press, 1974.

Cooper, R. C. ve R. C. Cambie. *New Zealand's Economic Native Plants.* Auckland: Oxford University Press, 1991.

Davidson, Basil. *Black Mother: The Years of the African Slave Trade.* Boston: Little, Brown, 1961.

Davis, Lee N. *The Corporate Alchemists: The Power and Problems of the Chemical Industry.* Londra: Temple-Smith, 1984.

Davis, M. B., J. Austin ve D. A. Partridge. *Vitamin C: Its Chemistry and Biochemistry.* Londra: Royal Society of Chemistry, 1991.

De Bono, Edward (haz.), *Eureka: An Illustrated History of Inventions from the Wheel to the Computer.* New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1974.

Delderfield, R. F. *The Retreat from Moscow.* Londra: Hodderand Stoughton, 1967.

Djerassi, C. *The Pill, Pygmy Chimps and Degas' Horse: The Autobiography of Carl Djerassi.* New York: Harper and Row, 1972.

DuPuy, R. E. ve T. N. DuPuy. *The Encyclopedia of Military History from 3500 B.C. to the Present.* New York: Harper and Row, 1977.

Ege, Seyhan. *Organic Chemistry: Structure and Reactivity.* Lexington, Mass.: D. C. Heath, 1994.

Ellis, Perry. "Overview of Sweeteners. " *Journal of Chemical Education* 72, no. 8 (Ağustos 1995): 671-75.

Emsley, John. *Molecules at an Exhibition: Portraits of Intriguing Materials in Everyday Life.* New York: Oxford University Press, 1998.

Fairholt, F. W. *Tobacco: Its History and Associations.* Detroit: Singing Tree Press, 1968.

Feltwell, John. *The Story of Silk.* New York: St. Martin's Press, 1990.

Fenichell, S. *Plastic: The Making of a Synthetic Century.* New York: Harper-Collins, 1996.

Fessenden, Ralph J. ve Joan S. Fessenden. *Organic Chemistry.* Monterey, Calif.: Brooks/Cole, 1986; Türkçesi: *Organik Kimya*, çev. Tahsin Uyar, Ankara: Güneş, 1992.

Fieser, Louis F. ve Mary Fieser. *Advanced Organic Chemistry.* New York: Reinhold, 1961.

Finniston, M. (haz.), *Oxford Illustrated Encyclopedia of Invention and Technology.* Oxford: Oxford University Press, 1992.

Fisher, Carolyn. "Spices of Life." *Chemistry in Britain* (Ocak 2002).
Fox, Marye Anne ve James K. Whitesell. *Organic Chemistry*. Sudbury: Jones and Bartlett, 1997.
Frankforter, A. Daniel. *The Medieval Millennium: An Introduction*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1998.
Garfield, Simon. *Mauve: How One Man Invented a Colour That Changed the World*. Londra: Faber and Faber, 2000.
Gilbert, Richard. *Caffeine, the Most Popular Stimulant: Encyclopedia of Psychoactive Drugs*. Londra: Burke, 1988.
Goodman, Sandra. *Vitamin C: The Master Nutrient*. New Canaan, Conn.: Keats, 1991.
Gottfried, Robert S. *The Black Death: Natural and Human Disaster in Medieval Europe*. New York: Macmillan, 1983.
Harris, Nathaniel. *History of Ancient Greece*. Londra: Hamlyn, 2000.
Heiser, Charles B., Jr. *The Fascinating World of the Nightshades: Tobacco, Mandrake, Potato, Tomato, Pepper, Eggplant, etc*. New York: Dover, 1987.
Herold, J. Christopher. *The Horizon Book of the Age of Napoleon*. New York: Bonanza Books, 1983.
Hildebrand, J. H. ve R. E. Powell. *Reference Book of Inorganic Chemistry*. New York: Macmillan, 1957.
Hill, Frances. *A Delusion of Satan: The Full Story of the Salem Witch Trials*. Londra: Hamish Hamilton, 1995.
Hough, Richard. *Captain James Cook: A Biography*. New York: W. W. Norton, 1994.
Huntford, Roland. *Scott and Amundsen (The Last Place on Earth)*. Londra: Hodder and Stoughton, 1979.
Inglis, Brian. *The Opium Wars*. New York: Hodder and Stoughton, 1976.
Jones, Maitland, Jr. *Organic Chemistry*. New York: W. W. Norton, 1997.
Kauffman, George B. "Historically Significant Coordination Compounds. 1. Alizarin dye." *Chem 13 News* (Mayıs 1988).
Kauffman, George B. ve Raymond B. Seymour. "Elastomers. 1. Natural Rubber." *Journal of Chemical Education 67*, no. 5 (Mayıs 1990): 422-25.
Kaufman, Peter B. *Natural Products from Plants*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1999.
Kolander, Cheryl. *A Silk Worker's Notebook*. Colo.: Interweave Press, 1985.
Kotz, John C. ve Paul Treichel, Jr. *Chemistry and Chemical Reactivity*. Orlando, Fla.: Harcourt Brace College, 1999.
Kurlansky, Mark. *Salt: A World History*. Toronto: Alfred A. Knopf Canada, 2002; Türkçesi: *Tuz: İnsanlığın Tuzlu Tarihi*, çev. Ali Çakıroğlu, İstanbul: Ayrıntı, 2003.
Lanman, Jonathan T. *Glimpses of History from Old Maps: A Collector's View*. Tring, Eng.: Map Collector, 1989.

Latimer, Dean ve Jeff Goldberg. *Flowers in the Blood: The Story of Opium.* New York: Franklin Watts, 1981.

Lehninger, Albert L. *Biochemistry: The Molecular Basis of Cell Structure and Function.* New York: Worth, 1975.

Lewis, Richard J. *Hazardous Chemicals Desk Reference.* New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

Loudon, G. Marc. *Organic Chemistry.* Menlo Park, Calif.: Benjamin/Cummings, 1988.

MacDonald, Gayle. "Mauve with the Times." *Toronto Globe and Mail,* April 28, 2001.

Magner, Lois N. *A History of Life Sciences.* New York: Marcel Dekker, 1979.

Manchester, William. *A World Lit Only by Fire: The Medieval Mind and the Renaissance: Portrait of an Age.* Boston: Little, Brown, 1992.

Mann, John. *Murder, Magic and Medicine.* Oxford: Oxford University Press, 1992.

McGee, Harold. *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen.* New York: Charles Scribner's Sons, 1984.

McKenna, Terence. *Food of the Gods.* New York: Bantam Books, 1992.

McLaren, Angus. *A History of Conception from Antiquity to the Present Day.* Oxford: Basil Blackwell, 1990.

McMurry, John. *Organic Chemistry.* Monterey, Calif.: Brooks/Cole, 1984.

Meth-Cohn, Otto ve Anthony S. Travis. "The Mauveine Mystery." *Chemistry in Britain* (Temmuz 1995): 547-49.

Miekle, Jeffrey L. *American Plastic: A Cultural History.* New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press, 1995.

Milton, Giles. *Nathaniel's Nutmeg.* NY: Farrar, Straus and Giroux, 1999.

Mintz, Sidney W. *Sweetness and Power: The Place of Sugar in Modern History.* New York: Viking Penguin, 1985; Türkçesi: *Şeker ve Güç*, çev. Şükrü Alpagut, İstanbul: Kabalcı.

Multhauf, R. P. *Neptune's Gift: A History of Common Salt.* Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press, 1978.

Nikiforuk, Andrew. *The Fourth Horseman: A Short History of Epidemics, Plagues, Famine and Other Scourges.* Toronto: Penguin Books Canada, 1992; Türkçesi: *Mahşerin Dördüncü Atlısı*, çev. Selahattin Erkanlı, İstanbul: İletişim, 2000.

Noller, Carl R. *Chemistry of Organic Compounds.* Philadelphia: W. B. Saunders, 1966.

Orton, James M. ve Otto W. Neuhaus. *Human Biochemistry.* St. Louis: C. V. Mosby, 1975.

Pakenham, Thomas. *The Scramble for Africa: 1876-1912.* Londra: Weidenfeld and Nicolson, 1991.

Pauling, Linus. *Vitamin C, the Common Cold and the Flu.* San Francisco: W. H. Freeman, 1976.

Pendergrast, Mark. *Uncommon Grounds: The History of Coffee and How It Transformed the World.* New York: Basic Books, 1999.

Peterson, William. *Population.* New York: Macmillan, 1975.

Radel, Stanley R. ve Marjorie H. Navidi. *Chemistry.* St. Paul, Minn.: West, 1990.

Rayner-Canham, G., P. Fisher, P. Le Couteur ve R. Raap. *Chemistry: A Second Course.* Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1989.

Robbins, Russell Hope. *The Encyclopedia of Witchcraft and Demonology.* New York: Crown, 1959.

Roberts, J. M. *The Pelican History of the World.* Middlesex: Penguin Books, 1980.

Rodd, E. H. *Chemistry of Carbon Compounds.* Amsterdam: Elsevier, 1960.

Rosenblum, Mort. *Olives: The Life and Lore of a Noble Fruit.* New York: North Point Press, 1996.

Rudgley, Richard. *Essential Substances: A Cultural History of Intoxicants in Society.* New York: Kodansha International, 1994.

Russell, C. A. (haz.), *Chemistry, Society and the Environment: A New History of the British Chemical Industry.* Cambridge: Royal Society of Chemistry.

Savage, Candace. *Witch: The Wild Ride from Wicked to Wicca.* Vancouver, B.C.: Douglas and McIntyre, 2000.

Schivelbusch, Wolfgang. *Tastes of Paradise: A Social History of Spices, Stimulants, and Intoxicants*, çev. David Jacobson, NY: Random House, 1980.

Schmidt, Julius. *Organic Chemistry.* Londra: Oliver and Boyd, 1955.

Seymour, R. B. (haz.), *History of Polymer Science and Technology.* New York: Marcel Dekker, 1982.

Snyder, Carl H. *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things.* New York: John Wiley and Sons, 1992.

Sohlman, Ragnar ve Henrik Schuck. *Nobel, Dynamite and Peace.* New York: Cosmopolitan, 1929.

Solomons, Graham ve Craig Fryhle. *Organic Chemistry.* New York: John Wiley and Sons, 2000; Türkçesi: *Organik Kimya*, çev. Gürol Okay, Yılmaz Yıldırır, İstanbul: Literatür, 2002.

Stamp, L. Dudley. *The Geography of Life and Death.* Ithaca, NY: Cornell University Press, 1964.

Stine, W. R. *Chemistry for the Consumer.* Boston: Allyn and Bacon, 1979.

Strecher, Paul G. *The Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals and Drugs.* Rahway, N.J.: Merck, 1968.

Streitwieser, Andrew, Jr. ve Clayton H. Heathcock. *Introduction to Organic Chemistry.* New York: Macmillan, 1981.

Styer, Lubert. *Biochemistry.* San Francisco: W. H. Freeman, 1988.

Summers, Montague. *The History of Witchcraft and Demonology.* Casde Books, 1992.

Tannahill, Reay. *Food in History*. New York: Stein and Day, 1973.

Thomlinson, Ralph. *Population Dynamics: Causes and Consequences of World Demographic Changes*. New York: Random House, 1976.

Time-Life Books (haz.), *Witches and Witchcraft: Mysteries of the Unknown*. Virginia: Time-Life Books, 1990.

Travis, A. S. *The Rainbow Makers: The Origins of the Synthetic Dyestuffs Industry in Western Europe*. Londra ve Toronto: Associated University Presses, 1993.

Visser, Margaret. *Much Depends on Dinner: The Extraordinary History and Mythology, Allure and Obsessions, Perils and Taboos of an Ordinary Meal*. Toronto: McClelland and Stewart, 1986.

Vollhardt, Peter C. ve Neil E. Schore. *Organic Chemistry: Structure and Function*. New York: W. H. Freeman, 1999; Türkçesi: *Organik Kimya: Yapı ve İşlev*, çev. Tahsin Uyar, Ankara: Palme, 2012.

Watts, Geoff. "Twelve Scurvy Men." *New Scientist* (24 Şubat 2001): 46-47.

Watts, Sheldon. *Epidemics and History: Disease, Power and Imperialism*. Wiltshire: Redwood Books, 1997.

Webb, Michael. *Alfred Nobel: Inventor of Dynamite*. Mississauga, Kanada: Copp Clark Pitman, 1991.

Weinburg, B. A. ve B. K. Bealer. *The World of Caffeine: The Science and Culture of the World's Most Popular Drug*. New York: Routledge, 2001.

Wright, James W. *Ecocide and Population*. New York: St. Martin's Press, 1972.

Wright, Lawrence. *Clean and Decent: The Fascinating History of the Bathroom and the Water Closet*. Cornwall: T. J. Press (Padstow), 1984.

DİZİN

A vitamini, 354
acı moleküller, 31-33, 134
acı tat, 69
açık kırık, 130-1
adamotu, 235-6, 237, 239
aerosol püskürtücü, 317, 321
afyon, 249-59, 271-2
AIDS, 135, 333
aile planlaması, 206
"alacakaranlık uykusu", 237, 330
alkali endüstrisi, 309
alkaloidler, 70, 233-41, 271-2
altın, 11
ameliyat, 128-33, 144-5, 187, 328-9, 331
Amerikan İç Savaşı, 92, 187, 300, 329, 335
Amerikan İhtilali, 173, 266, 267
amfibiler, 232
amino asitler, 114-9, 123, 255, 349-50
amonyak, 16, 105-7, 309, 310, 313-5, 322
androjenler, 207, 210
anestezi, 128, 237, 241, 328-30, 331
Anibal, 109
anilin boyaları, 180, 183, 188, 294
anofel, 334, 336, 344, 345, 347
antibiyotikler, 15, 182, 185, 186-7, 193-7, 198-204
antioksidanlar, 58, 284, 285
antiseptikler, 37, 131-4, 137, 144-5, 187, 197, 205, 328, 351
aromatik moleküller, 24, 32, 36, 131, 132, 190, 192, 256-8
Arrhenius, Svante August, 300-1
askorbik asit, 43-60, 120, 232
aspartam, 74
aspirin, 183, 187, 188, 190-1, 253-5, 275
aşı, 188
ateşli silahlar, 96, 103
atmosfer, 105-6, 318-21

B vitamini, 52, 195, 234-5, 263
Bacon, Roger, 95
Baekeland, Leo, 138-40, 143, 145, 355
Baeyer, Johann Friedrich Wilhelm Adolf von, 170
bağımlılık yapıcı bileşikler, 253-9, 265-6
bağışıklık, 188, 347-51
Baharat Adaları, 12, 34, 59
bakalit, 139-43, 145
bakteri enfeksiyonları, 58, 128-31, 144, 187, 193-5, 197-9
bakteriler, 38, 58, 85-6, 129, 187-8, 191-204, 234, 303, 328
balarıları, 18, 21, 22
balata, 152-3, 156-7
barut, 91, 94-6, 100-2, 103, 109
benzen, 24, 132, 133, 135, 141, 189, 256-7
betel cevizi, 234
bifeniller, 323-4
bilardo topları, 137-8, 142

Birinci Dünya Savaşı, 81, 103, 105, 107, 133, 163, 178, 184, 187, 189, 195, 322
biyobirikim, 324, 347
biyoteknoloji, 354
biyoterörizm, 203-4
Boston Çay Partisi, 267
botulizm, 58, 195
böbrek taşı, 72
böcek öldürücüler, 13, 16, 37, 39, 182, 189, 237, 262, 317, 325, 345-7, 351
Breda Antlaşması, 12-13, 41
Brezilya, kahve üretimi, 270
buzla soğutma, 314
Büyük İskender, 78, 173, 250, 304, 334

C vitamini, 43-60, 120
cadılık molekülleri, 226-48
Caro, Heinrich, 183
Carothers Wallace, 122-3, 126
Carré, Ferdinand, 313-4
Carson, Rachel, 326
Cartier, Jacques, 47
Caventou, Joseph, 338
Challenger uzay mekiği, 166
Chardonnet, Hilaire de, 120, 121, 123, 130
cin tonik, 339
cinsiyet hormonları, 207-12
cis ikili bağları, 149, 162, 284
cıva, 192, 207
Coffea arabica (kahve bitkisi), 269
Cook, James, 49-52, 59
Cortés, Hernán, 110, 175, 268
Cromwell, Oliver, 290, 337
cüzam, 187, 192, 263

çalışma yasaları, 80
çay, 61-62, 70, 249, 251-2, 264-8, 272, 273
çevrenin katledilmesi, 165, 248, 285-6, 296, 298, 321, 325-6
çiklet, 162-3
çikolata, 135, 265, 268
çili biberi, 31-32, 33
çocukların çalıştırılması, 80
çoklu doymamış yağ asitleri, 280-4

DDT, 325-6, 345-7, 351-2, 355
demokrasi, 278, 293
Demokritus, 275
depresyon, 43, 57, 192, 240
dinamit, 100-3, 109
dinozorlar, 70
disakkaritler, 65, 68, 69
Djerassi, Carl, 217-9, 221
"doğruluk serumu", 237
doğum kontrol hapları, 205-25
doğumda anestezi, 329-31
donmuş gıda endüstrisi, 316
doymamış yağ asitleri, 280-4
doymuş yağ asitleri, 279-84

Ebola virüsü, 333
Ecstasy, 40
egzotermik tepkimeler, 96
Ehrlich, Paul, 191-3, 197
elektroliz, 310
elektronlar, 301
elementler, 11
endorfinler, 33, 255, 256
Engizisyon, 227
ergotizm, 241-4
eroin, 254-5, 257, 259
Eski Mısır, 43, 176, 232, 273, 297
Eski Roma, 11, 28, 44, 75-76, 109, 170, 172, 176, 227, 232, 243, 274, 276, 287-9, 297-8, 305
Eski Yunan, 162, 172, 188, 207, 276, 285, 288, 293

Faraday, Michael, 148, 153, 301
feminizm, 205
fildişi, 137, 139, 142, 160, 298
Fischer projeksiyon formülleri, 65-67
Fischer, Emil, 65, 123
Fleming, Alexander, 197-8
folik asit, 195-6, 234
formaldehit, 140-1
Fransız İhtilali, 9, 243, 277, 306, 309

frengi, 192-3, 197
Freud, Sigmund, 240
fruktoz, 54, 67-68, 74

Gandhi, Mahatma, 307-8
gazlar, 96-100, 322-3
geleneksel tıp, 231, 248
genetik mühendisliği, 354-5
gıda katkıları, 40, 72, 75
glikojen, 87, 89
gliserin, 99, 278
glukoz, 61-77, 82-91, 117, 121, 123, 168-9, 172, 189, 214, 295
golf topları, 152-3
Goodyear, Charles, 153-7, 166
grip, 56, 57, 187
gübre, 106-8, 184, 295
güneş kremi, 98, 317
güzelavratotu, 235-7, 239

Haber, Fritz, 106-7, 322
halkalı (siklik) bileşikler, 23, 24, 53, 67
halüsinojenler, 246, 256, 259
hardal gazı, 107, 322
haşhaş, 249-50, 271, 272
Haworth formülleri, 66-67
Haworth, Norman, 55, 66
hemoglobin, 349-52
Herodotus, 297
hidroklorik asit, 303
hintcevizi, 12-13, 15, 27, 34, 36-42, 59, 134, 189, 340
Hipokrat, 188
hıyarcıklı veba, 38, 203
Hofmann, Albert, 245-7
Hofmann, Felix, 188-9, 253, 275
Homeros, 275

IG Farben, 163-4, 184, 193

İkinci Dünya Savaşı, 125-6, 161, 163, 184, 195, 199, 215, 306, 325, 341
iletkenlik, 300
indigo, 168-74, 183, 261, 353
insülin, 70, 117
ipek, 111-27, 255
iskorbüt, 43-52, 58-60
iyonlar, 172, 3002, 303-4
izomerler, 67-68, 97, 156-7

kafein, 70, 240, 249, 251, 263-9, 272, 295
kahve, 70, 240, 249, 264-6, 268-72
kakao, 40, 135, 249, 264-8
kalay düğmeler, 10-11
kalp hastalığı, 99-100, 282-4
kangren, 128, 129, 195, 241, 262
kapitalizm, 33
Kara Ölüm (veba), 13, 38, 289
karabiber, 27-33
karbon, 17-24, 200
kardiyak (kalp) glikozitleri, 303, 231-3
kastilya sabunu, 288, 293
kauçuk ağacı, 108, 146-50, 153-66
kauçuk, 146-66
Keşifler Çağı, 27, 29, 30, 44, 128
kimyasal bağlar, 18-24
kimyasal boya endüstrisi, 180
kinin, 70, 178-80, 187, 335-44, 347, 351, 352
Kitabı Mukaddes, 276, 329
klima, 317, 332
klorakne, 324
kloroflorokarbonlar, 315-6, 321, 322
kloroform, 328-31
klorokarbon bileşikleri, 312-32
Kodak film, 138, 145
kodein, 234, 253, 257
koka ağacı, 240
kokain, 240-1, 245
kolesterol, 208, 282-3
kortizon, 212, 218-9
koşinil, 175-6
köle ticareti, 62-4, 71, 76, 78, 81, 160, 336, 351
Kristof Kolomb, 30-31, 63, 147, 159, 192, 239, 250, 259-60, 267, 336, 349, 355
kurşun zehirlenmesi, 75-6

laktoz, 68-69, 74
Lancaster, James, 46
lateks, 147-8, 152, 158-60, 165
Leblanc, Nicolas, 291, 309
Ledger, Charles, 340
leylak boya, 179-81, 182, 185, 186, 339
lipoproteinler, 283
Lister, Joseph, 129-33, 137, 140, 144, 179, 187, 197
LSD, 245-7, 256

Macellan, 34-36, 43, 59, 355
Manhattan adası, 12, 41, 340
Marco Polo, 95, 168
marihuana, 135, 268
Marker, Russell, 212-7, 223
mavi boya, 168-71, 176
McCormick, Catherine, 220, 224
merkezi sinir sistemi, 234, 261, 263, 265
meskalin, 246, 256
mikrop teorisi, 130-1
miyazma teorisi, 129
Molina, Mario, 318-21
monosakkaritler, 65, 67-9
Montreal Protokolü, 321
morfin, 187, 237, 240, 249-59, 272, 330
morötesi ışınlar, 98, 165, 171, 319-21
mucize ilaçlar, 186-204

narkotik maddeler, 252, 254, 256
naylon, 84, 122-7
nikotin, 249, 251, 259-63, 271-2, 295
nitrik asit, 90-91, 98, 99, 105-6, 154
nitrogliserin, 96, 99-104, 108, 109
nitrojen, 18, 32, 52, 71, 94-95, 97-98, 100, 106, 200, 234
nitroselüloz, 91-93, 103-4, 120-1, 123, 138, 355
Nobel, Alfred Bernard, 100-3
oksidasyon (oksitlenme), 53, 72, 168-9, 189, 209, 219, 262
oleik asit, 273-93
orak hücre anemisi, 347-51
organik bileşikler, 16-25
organik kimya endüstrisi, 182-5
ozon tabakası, 318-21

öjenol, 36-37, 42, 134, 189
östrojen, 207, 211, 223

pamuk, 15, 64, 78-81, 84-85, 91, 92-93, 136, 177, 352
paprika, 31, 33, 55
Pasteur, Louis, 120, 130, 197
patlayıcı kimyasal tepkimeler, 96-100
penisilinler, 187, 197-202, 234
Perkin, William Henry, 178-81, 182, 185, 186, 339, 342, 355
petrol, 127, 164, 184-5, 310
Plasmodium parazitleri, 333, 344-5, 347, 351
Plastik Çağı, 128, 138, 145
plastik patlayıcılar, 108
plastik, 15, 82, 102, 122, 127, 137-42, 351
polifenoller, 136, 224, 284
polimerler, 82-83, 115, 123, 127, 128, 138, 148-53, 161, 164-5, 213, 310, 323, 349, 352
Portakal Gazı, 326
progesteron, 210-1, 213, 215-22, 224
progestinler, 218-9, 221-3
Prozac, 23-24

Rowland, Sherwood, 318-21

sabun, 286-93, 309
sakarin, 73-75
Sanayi Devrimi, 15, 61, 64, 81, 92, 176, 307, 339, 352
Sanger, Margeret, 205, 220, 224
saponinler, 213-5, 231, 286-7
sarin gazı, 237
selüloit, 92, 137-9, 141, 142
selüloz, 78-93, 115, 121-3, 137-8, 144, 295
sinir gazları, 237
sıtma/malarya, 333-52
soda külü, 183, 289, 291, 309-10

soğutma, 42, 57, 311, 312-6, 321, 323, 331-2
Sokrates, 235
Solon, 276, 285
sömürgecilik, 40-41, 110, 160-1, 165, 340-1, 351-2
steroidler, 207-20
streptokok enfeksiyonları, 193, 197-9
sükroz, 61, 67-68, 74-75
şarap, 72, 73, 75-76, 130, 136, 276, 305
şekerler, 15, 61-77, 82
tatlı tat, 71-2
tekli doymamış yağ asitleri, 280-4
tereyağı, 46, 49, 137, 280, 284, 290
termoplastik materyaller, 137, 141
testosteron, 208-11, 217

TNT, 96, 98, 104-5, 190
trans ikili bağlar, 148-51, 165, 284
trigliseritler, 278-84, 288-9, 292, 293
tuz, 294-311
tütün, 239, 249, 250, 252, 259-62, 271, 272

vanilya, 134-5, 142, 144
Vasco de Gama, 27, 29, 46, 110
viskoz, 92, 122
vitaminler, 52-53, 284

yağ asitleri, 277-84
yağlar, 277-8, 280-1, 290
yalıtkanlar, 140-1, 157, 323
yangın söndürücüler, 317
yapay bileşikler, 120, 294
yoğunlaşma polimerleri, 83
yüksükotu, 187, 213, 215, 231-3, 239, 303

zatürre, 43, 187, 193-5, 197, 203
zencefil, 27, 32, 37, 40, 46, 134, 189
zeytinyağı, 273-93
zorunlu çalışma, 160-1, 271

—

Napolyon'un Düğmeleri insanlık tarihini değiştiren on yedi molekül ve bileşiğin hem hikâyelerini hem de kimyasal yapılarını anlatan, böylece kimyayla tarihi harmanlayan bir kitap. Ele alınan moleküller gündelik hayatta sık sık kullandığımız ya da kullanıldığına tanık olduğumuz maddelerin (baharatlar, C vitamini, şeker, ipek ve naylon, boyalar, aspirin, doğum kontrol hapı, morfin-nikotin-kafein, zeytinyağı, tuz vs.) yapıtaşlarını oluşturuyor. Bize gayet sıradan görünen, varlıklarına fazlasıyla alıştığımız bu maddelerin geçmişte ne kadar önemli olayları tetiklediğini öğreniyoruz: coğrafi keşifler ve göçler, sömürgecilik ve kölelik, tıp ve mühendislikte kaydedilen devrim niteliğinde gelişmeler, toplumsal cinsiyet rollerinin ve kültürel yapıların dönüşümü, doğal çevrede meydana gelen ciddi tahribat... İnsanların bu maddeleri elde etmek için neleri göze aldığını, bu süreçte tesadüflerin ne kadar büyük bir rol oynadığını görüyoruz.

Kitabın kimya boyutu da tarih boyutu kadar ilginç. Her şeyden önce, incelenen moleküllere kendilerine has özelliklerini kazandıran kimyasal yapılar hakkında bilgi sahibi oluyoruz. Çok küçük bir yapısal değişikliğin ne kadar kritik bir fark yaratabildiğine tanık oluyoruz. Üstelik anlatılanları kavramak için ihtiyacımız olan tek şey bir parça merak. Napolyon'un Düğmeleri konuya ilgi duyan herkesi kimyanın şaşırtıcı dünyasına buyur ediyor ve eşikten bir kere geçtikten sonra çevremizdeki maddelere yepyeni bir gözle bakmaya başlıyoruz.

Metis Bilim
ISBN-13: 978-975-342-942-9

Metis Yayınları
www.metiskitap.com