ABD KİMYASININ 250 YILLIK TARİHİNDE 6 DÖNÜM NOKTASI

Dr. Merve Çalışır ve Dr. Adil Denizli

Hacettepe Üniversitesi, Kimya Bölümü, Beytepe, Ankara

BU KRİTİK DÖNÜM NOKTALARI, ÜLKENİN KİMYA ALANINDA KÜRESEL BİR LİDER HÂLİNE GELMESİNE KATKI SAĞLADI.

1776 YILINDA AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ'NİN KURUCU BABALARI; YAŞAM, ÖZGÜRLÜK VE MUTLULUĞU ARAMA HAKKINA BAĞLILIKLARINI İLAN ETTİLER. ANCAK DAHA AZ BİLİNEN BİR GERÇEK, ONLARIN BİLİMİN PEŞİNDEN GİTMEYE DUYDUKLARI TUTKUYDU.

Thomas Jefferson bunu "en büyük zevki" olarak tanımlıyordu. Benjamin Franklin'in bilime katkısı, ünlü uçurtma deneyinin çok ötesine uzanıyordu. Kurucu isimlerden bir diğeri ve Bağımsızlık Bildirgesi'nin imzacılarından olan Benjamin Rush ise, yaygın olarak Amerika'nın ilk kimya ders kitabı kabul edilen eseri yazdı.

Dolayısıyla, kuruluşunu izleyen 250 yıl içinde ABD'nin, kimya da dâhil olmak üzere, dünyanın bilimsel güç merkezlerinden biri hâline gelmesi belki de şaşırtıcı değildir. Kimya alanındaki gücün çeşitli ölçütleri bakımından kimyager sayısı, yüksek kaliteli araştırma yayınlarının hacmi ve kimyanın ulusal ekonomiye katkıları bunlardan yalnızca birkaçıdır ABD uzun süredir küresel bir lider olarak öne çıkmaktadır.

Bununla birlikte, kimyanın görünüşte birbirinden farklı araştırma alanlarına ve Amerikan yaşamının neredeyse her yönüne ne ölçüde uzanacağı önceden öngörülememiş olabilir. Almanya'daki Bielefeld Üniversitesi Bilim Araştırmaları Enstitüsü'nde tarihçi olan Carsten Reinhardt, esas olarak 20. yüzyılın ikinci yarısında ABD'de ortaya çıkan bu geniş erişimi "yeni bir kimya türü" olarak tanımlamaktadır. Kimya, "diğer birçok bilimsel ve mühendislik disiplini için bir araç kutusu" hâline gelmiştir.

ABD kimyasının yükselişi önceden belirlenmiş değildi. Çeşitli tarihsel, kültürel ve ekonomik güçler incelenerek ABD kimya girişimini bugünkü hâline getiren altı önemli dönüşüm belirlendi.

Benjamin Franklin, John Adams ve Thomas Jefferson da dâhil olmak üzere, Amerika Birleşik Devletleri'nin kurucu babalarının birçoğu aynı zamanda bilim insanıydı. Kaynak: Alamy

Tarım ve imalattaki gelişmelerin böylesine arzu edildiği genç bir ülkede, her ikisinin de ilkelerini açıklayan kimya'nın geliştirilmesi, son derece önemli bir amaç olarak görülmelidir.

Benjamin Rush,
Edebî, Ahlaki ve Felsefi Denemeler, 1786

ABD'DE ARAŞTIRMA ÜNİVERSİTESİNİN YÜKSELİŞİ

Kimya, büyük ölçüde tıp eğitimi amacıyla, en başından itibaren Amerikan eğitiminin bir parçasıydı. 19. yüzyılın ilk yarısında, en azından bazı eğitimciler kimyanın pratik uygulamalarının laboratuvar deneyimi gerektirdiğini fark etmişti. Jefferson tarafından 1819'da kurulan Virginia Üniversitesinde öğrenciler, ortak fırınların çevresine kurulmuş çalışma istasyonlarında maddeleri ısıyla tepkimeye sokarak uygulamalı çalışmalar yapıyordu. 1820'lerde Amerikalı bilim insanı Amos Eaton, kuruluşuna yardımcı olduğu ve daha sonra New York eyaletinin Troy kentindeki Rensselaer Politeknik Enstitüsüne dönüşecek kurumda öğretim laboratuvarları kurdu. Eaton'ın kendi sözleriyle amaç, öğretmenleri "deneysel kimya, felsefe ve doğa tarihinin tarıma, ev ekonomisine, sanata ve imalata uygulanması konusunda" yetkin hâle getirmekti.

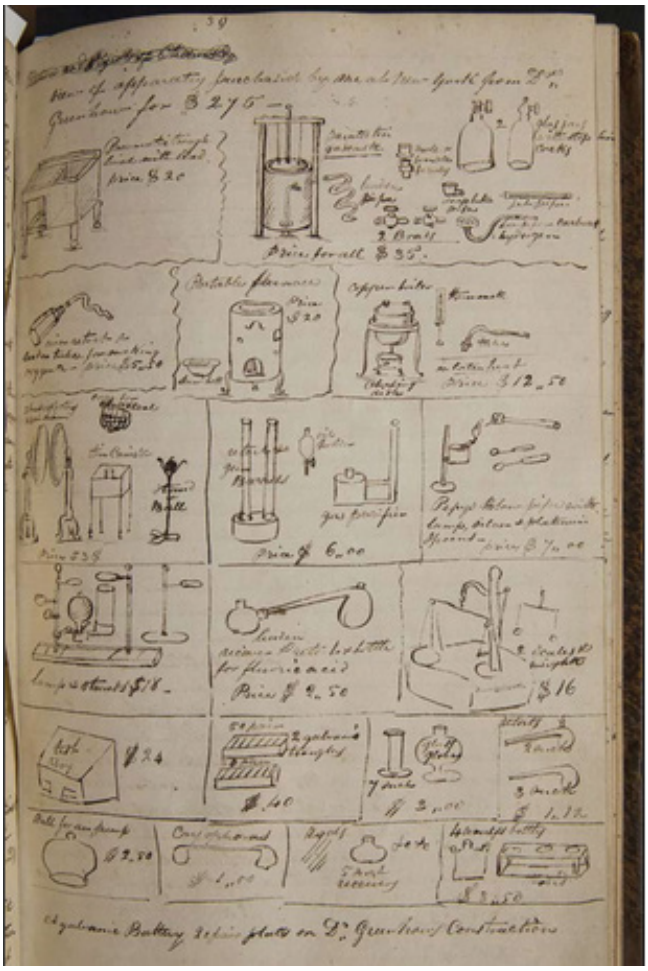
Buna rağmen, ABD tarihinin büyük bölümünde, bugün ileri düzey akademik derecelerle birlikte verilen türden bir eğitim mevcut değildi. Bunun yerine, Amerikan kimya profesörlerinin Avrupa'dan gelmiş

ya da eğitim görmek üzere Avrupa'ya gitmiş olma olasılığı daha yüksekti.

Amerikalı kimyager ve geleceğin Amerikan Kimya Derneği başkanı Ira Remsen, bu durumun değişmesine yardımcı oldu. Almanya'da eğitim gördükten sonra Remsen, 1876 yılında Johns Hopkins Üniversitesinin ilk kimya profesörü oldu; bu aynı zamanda ACS'nin kurulduğu yıldı. Hopkins, lisansüstü eğitim ve araştırmaya odaklanan yeni bir Amerikan üniversitesi türü olarak aynı yıl açıldı.

Remsen, kimya alanında dünya lideri olan Almanya'daki öğretim ve laboratuvar yaklaşımlarını ABD'ye taşıdı. Öğrencilerin en son gelişmeleri tartıştığı "dergi toplantıları"nı başlattı ve yeni bilgiler ortaya çıkarmak için öğrencilerle birlikte çalıştı. Kimyagerler William A. Noyes ve James Flack Norris, 1931 yılında Remsen'in mirasını değerlendirirken, "büyük ustaların laboratuvarlarındaki atmosferi-çok çalışma ruhunu, öğrenme arzusunu ve kimya sevgisini-buraya taşıdığı" sonucuna vardılar.

Virginia Üniversitesinde 1825 yılında inşa edilen ve ABD'deki en eski uygulamalı kimya öğretim laboratuvarlarından biri olan bu ocakta iki ateş kutusu ve beş çalışma istasyonu bulunuyordu. Ocak, 1840'larda bir duvarın içine kapatıldı ve 150 yıldan fazla bir süre sonra, burada gösterilen yenileme çalışmaları sırasında yeniden keşfedildi. Kaynak: Dan Addison/Virginia Üniversitesi İletişim Birimi



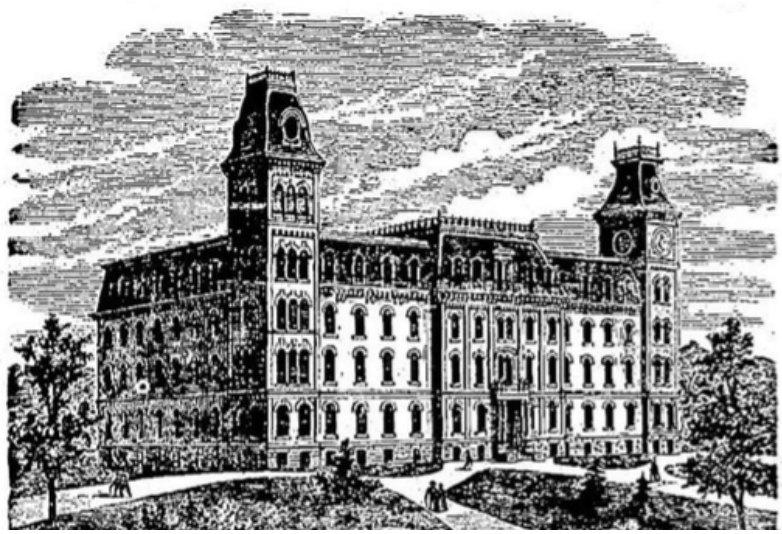
1825'ten 1842'ye kadar Virginia Üniversitesinde doğa bilimleri dersleri veren John P. Emmet, burada gösterilen görsellerde olduğu gibi, yaptığı ve kullandığı aletlerin çizimlerini sakladı. Kaynak: Dan Addison/Virginia Üniversitesi İletişim Birimi

Bilim insanlarını ülkenin acil ihtiyaçlarına yanıt verecek şekilde yetiştiren okullar da destek gördü. 1862 tarihli Morrill Yasası, eyaletlere, çoğu zaman kabile uluslarından alınmış olan ve "tarımın ve mekanik sanatların yararına" bu tür okulları finanse etmek amacıyla satılabilecek araziler tahsis etti. Birçok arazi hibeli kurum, güçlü uygulamalı bilim ve mühendislik programları geliştirdi. Bunlardan biri, 1902 yılına gelindiğinde 7.000 m²'den fazla çalışma alanına sahip bir kimya laboratuvarı işleten Illinois Urbana-Champaign Üniversitesiydi. Remsen'le çalışmış ve daha sonra ACS başkanı da olacak olan Noyes'un liderliğinde bu laboratuvar alanı iki katına çıktı; kimya programı ülkedeki en saygın programlardan biri hâline geldi ve bugün de bu konumunu sürdürmektedir.

ABD üniversiteleri artık kendilerini bilimin sınırlarını ilerletecek ve Amerikalı ve uluslararası yetenekleri çekme konusunda Avrupa'daki enstitülerle rekabet edecek şekilde konumlandırmıştı.

Ira Remsen (ön sırada ortada, 1890 yılında Johns Hopkins Üniversitesindeki bir laboratuvarda görülüyor), Almanya'daki öğretim ve laboratuvar uygulamalarını ABD'ye taşıyarak ülkedeki kimya eğitiminin dönüşmesine yardımcı oldu. Kaynak: Johns Hopkins Üniversitesi Sheridan Kütüphaneleri/Gado/

Bu üniversiteler ayrıca, kimyagerlerin ortaya çıkan eğilimlere hızla uyum sağlamasını mümkün kılan bir bölüm yapılanmasını benimsedi. Programlar, Avrupa'da çoğu zaman olduğu gibi tek bir profesör tarafından yönetilmediği için daha az hiyerarşik olabiliyor ve böylece yeni fikirlere ve disiplinler arası yaklaşımlara daha açık hâle gelebiliyordu. Villanova Üniversitesinden emekli tarihçi Jeffrey Johnson, "Daha demokratikti," diyor ve ekliyor: "Bu da öğretimin bilimsel anlamda daha ilerici hâle gelmesini sağladı."



1862 tarihli Morrill Yasası, eyaletlere, Illinois Urbana-Champaign Üniversitesi gibi üniversiteleri finanse etmek amacıyla satılabilecek araziler tahsis etti (kurumun o zamanki adı Illinois Endüstri Üniversitesiydi; görselde gösterilmiştir). Bu kurumlar uygulamalı bilim ve mühendisliğe öncelik verdi. Kaynak: Daily Illini/ Wikimedia Commons

Kimyager, gerçekçi ile hayalperestin tuhaf bir birleşimidir... Bir kimyagere kömür, odun, hava ve su verin; şekerden patlayıcıya kadar her şeyi yapabilir.

New York Times, 1940

SAVAŞ, ABD KİMYASINDAKİ YENİLİKLERİ HIZLANDIRIYOR

Birinci Dünya Savaşı'ndan önce ABD kimya endüstrisi hâlâ gelişiminin ilk aşamalarındaydı. Kendilerinden önceki yerli halklar gibi, önce sömürgeciler, ardından da yeni bağımsızlığını kazanmış Amerikalılar ham maddeleri sabun, cam, demir ürünleri ve barut üreterek yararlı ürünlere dönüştürdüler. Savaş başlamadan önce ABD hızla sanayileşiyordu; ilk petrol rafinerilerinin kurulması, günümüzün kapsamlı petrokimya endüstrisinin temelini attı.

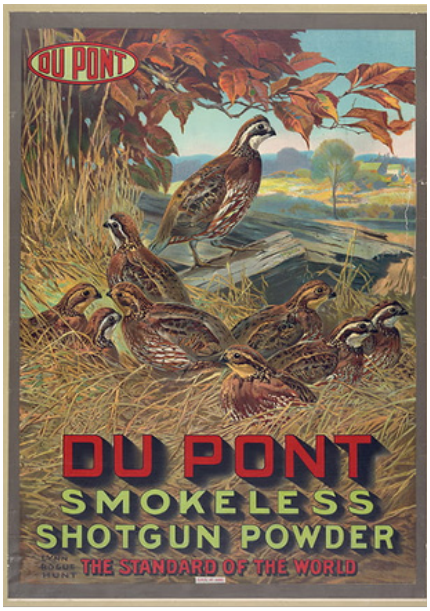
Duke Üniversitesinde tarihçi olan Evan Hepler-Smith'e göre kimya endüstrisi, yeni fırsatlar arayan milyonlarca göçmenin ülkeye gelişiyle beslenen bir "mucit kültürü" sayesinde kısmen çeşitlenmeye başlamıştı. Hepler-Smith, ABD'ye taşındıktan sonra ilk tamamen sentetik plastik olan Bakalit'i

ABD petrokimya endüstrisinin kökenleri, Edwin Drake'in Pennsylvania eyaletinin Titusville kentinde ilk petrol kuyusunu açmasına dayanır (1861'de çekilen görüntü).

Bakalit ısıya dayanıklı olduğu ve kolayca kalıplanabildiği için, 20. yüzyılın ilk yarısında üreticiler bu plastiği telefonlardan (görselde) ve mücevherlerden radyoların ve diğer elektrikli ürünlerin iletken olmayan parçalarına kadar pek çok şeyi seri üretmek için kullandılar.

icat eden ve Velox fotoğraf kâğıdını geliştirmek de dâhil olmak üzere fotoğraf teknolojileri üzerindeki çalışmalarını sürdüren Belçika doğumlu kimyager Leo Hendrik Baekeland'ı örnek gösteriyor. Hepler-Smith'e göre bazıları göçmen, bazıları ise göçmen olmayan girişimciler, E.I. du Pont de Nemours and Company ve Eastman Kodak gibi şirketlerin daha sonra benimseyeceği bir araştırma ve geliştirme çerçevesi oluşturdu.

Bu faaliyetlere rağmen, ABD kimya endüstrileri Birinci Dünya Savaşı sonrasına kadar



1802 yılında bir barut üreticisi olarak kurulan E.I. du Pont de Nemours and Company (görselde 1913 tarihli bir reklam yer alıyor), günümüzde yaygın olarak kullanılan neopren, naylon, Teflon ve Kevlar da dâhil olmak üzere birçok sentetik malzeme geliştirdi. Kaynak: Sanatçı Lynn Bogue Hunt. Kongre Kütüphanesi Baskılar ve Fotoğraflar Bölümü

Alman boya ve ilaç endüstrilerinin erişim düzeyiyle rekabet edemedi. Savaş, hem Müttefiklerin çabalarını desteklemek hem de ablukalar nedeniyle artık ithal edilemeyen malların yerini doldurmak için yeni ürünlere yönelik talep yarattı.

Leo Hendrik Baekeland, Bakalit'in yanı sıra yapay ışık altında banyo edilebilen ve daha sonra Eastman Kodak tarafından satın alınan Velox fotoğraf kâğıdını da icat etti (görselde 1940'lardan kalma bir paket gösteriliyor). Kaynak: Andrew Linscott/Alamy

Yaygın olarak "kimyagerlerin savaşı" olarak bilinen Birinci Dünya Savaşı, kimyasal silahların ilk kez geniş çapta kullanılmasına ve yüksek güçlü patlayıcıların üretimine sahne oldu. Ancak bunun ötesinde bir etkisi de vardı: Savaş, ulusları küresel ölçekteki güçlerinin kimya endüstrilerinin gücüyle doğrudan bağlantılı olduğuna ikna etti. Reinhardt'a göre Birinci Dünya Savaşı, "genel olarak bakıldığında, Amerika'nın çok hızlı ve belirleyici yükselişinin başlangıcıdır."

Ülke, savaştan aradaki farkı kapatma kararlılığıyla, yeni kimyagerler yetiştirecek üniversitelerle ve başarıya ulaşmasını sağlayacak ekonomik konumla çıktı. Johnson'a göre ABD'nin gücünün bir kısmı, Alman yetenek ve bilgi birikiminin kendi bünyesine katılmasından kaynaklandı; buna, Almanlara ait binlerce ABD patentinin kontrolünün ele geçirilmesi de dahildi. Alman mallarına uygulanan gümrük vergileri, Alman bilim insanlarına yönelik uluslararası boykot ve bilim insanlarının Nazi Almanyası'ndan kaçışı, muhtemelen Almanya'nın kimya alanındaki eski üstünlüğünün aşınmasında rol oynadı.

Herbert H. Dow, 1891 yılında Michigan eyaletinin Midland kentinde tuzlu sudan elektroliz yoluyla başarıyla brom üretti. Dow'un uygun maliyetli yöntemi, diğer kimyasalların üretimini de teşvik etti (görselde 1900 yılında bir bromür sevkiyatıyla yüklenmiş at arabası gösteriliyor). Birinci Dünya Savaşı'nın başlamasıyla birlikte Dow Chemical Company, ABD'nin kimyasal madde ihtiyaçlarının karşılanmasına yardımcı olabilecek güçlü bir konumdaydı.

The New York Times Magazine, July 21, 1940. 7

CHEMISTS To Our DEFENSE

By HAL BOLAND

"Thanks to our chemists, we are nearer to defensive self-sufficiency than any other nation in the world."

In a quarter century their patient laboratory research has made us the most nearly self-sufficient of nations.

ABD'nin İkinci Dünya Savaşı'na girmesinin hemen öncesinde New York Times, Amerikalı kimyagerleri ve ABD kimya endüstrisinin Birinci Dünya Savaşı'ndan bu yana kaydettiği ilerlemeyi öven bir makale yayımladı (görselde). Kaynak: The New York Times Arşivi

Geniş bir cephede bilimsel ilerleme, özgür zihinlerin, bilinmeyeni keşfetme meraklarının yönlendirdiği biçimde, kendi seçtikleri konular üzerinde serbestçe çalışmaları sonucunda ortaya çıkar. Devlet desteğine yönelik her türlü planda araştırma özgürlüğü korunmalıdır.

Vannevar Bush, Bilim: Sonsuz Sınır, 1945

İkinci Dünya Savaşı başlarken ülke, ABD'li kimyagerlerin Birinci Dünya Savaşı'na yaptığı katkılara dönüp baktı ve onlara yeniden çağrıda bulundu. New York Times'ta 1940 yılında yayımlanan ve "KİMYAGERLER SAVUNMAMIZA" başlığını taşıyan bir makale, Amerikalı kimyageri "gerçekçi ile hayalperestin tuhaf bir birleşimi" olarak övdü. Makale şöyle devam ediyordu: "Bir kimyagere kömür, odun, hava ve su verin; şekerden patlayıcıya, benzinden yapay ipeğe kadar her şeyi yapabilir."

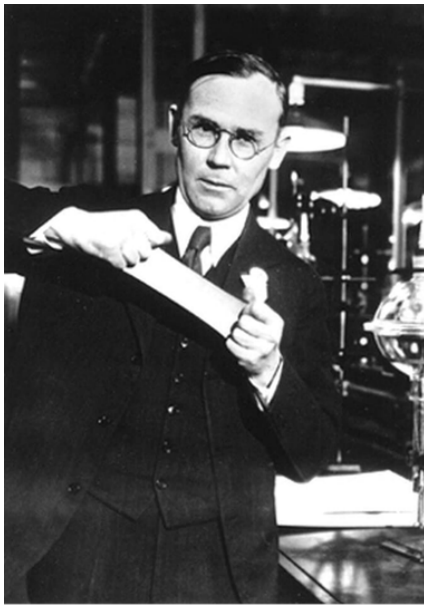
BÜYÜK BİLİM VE BÜYÜK ARAŞTIRMA YATIRIMLARI KARŞILIĞINI VERİYOR

Hepler-Smith'e göre Birinci Dünya Savaşı, teknolojinin ABD'ye aktarılmasının öyküsüyken, İkinci Dünya Savaşı devletin araştırmaya yaptığı yatırımlarla ilgiliydi. Manhattan Projesi, sentetik kauçuk programı, radarın geliştirilmesi, sıtma ilaçlarının araştırılması ve penisilin üretimi gibi çok sayıda özel araştırma projesi, temel araştırmalara yapılan yatırımların büyük ilerlemeler sağlayabileceğini gösterdi.

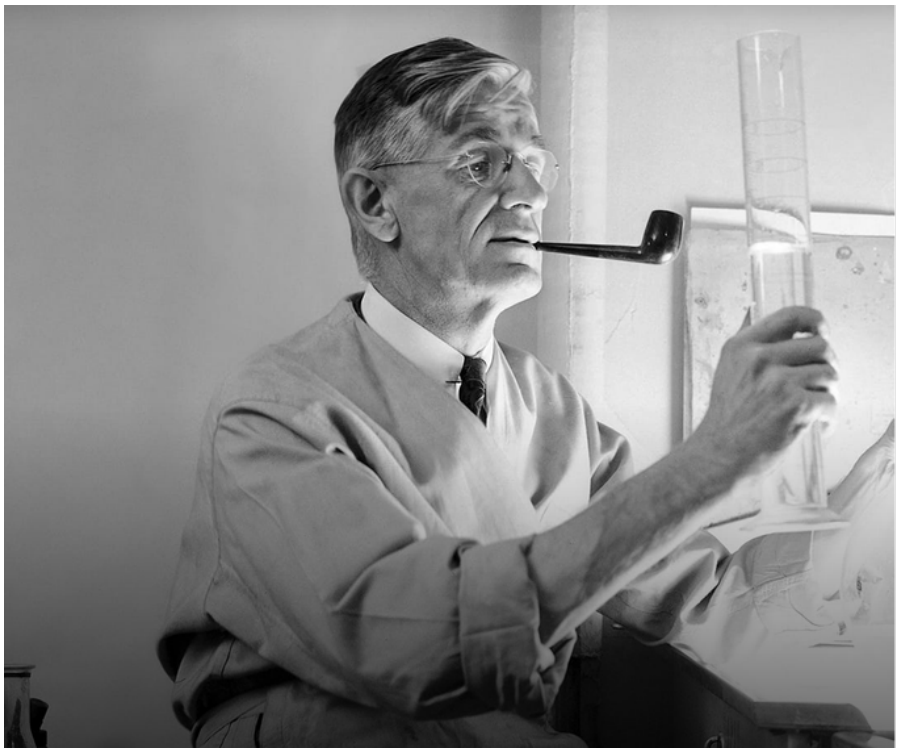
Hepler-Smith'e göre ülke, savaş dönemi araştırmalarında "hiçbir ihtimali göz ardı etmeyen" bir yaklaşım benimsemişti; bu da ABD hükûmetinin önemli bir finansman kaynağı hâline gelmesine yardımcı oldu. Ulusal laboratuvarların rolüne ek olarak, savaş sonrası dönemde Ulusal Sağlık Enstitüleri büyük bir araştırma fon sağlayıcısına dönüştü ve Ulusal Bilim Vakfı kuruldu.

Sanayi de araştırma yatırımlarının değerini gördü. Naylonun paraşütler ve diğer askerî ihtiyaçlar için bir malzeme olarak başarısı, Teflon'un tesadüfen keşfedilmesi ve Manhattan Projesi'ndeki rolü ile bakteriyel enfeksiyonların tedavisinde kullanılan sülfa ilaçlarının devrim niteliği, bu tür araştırmaların ticari kazanç sağlayabileceğini ortaya koydu.

Manhattan Projesi ve İkinci Dünya Savaşı sonrasında nükleer bilime yönelik ilginin devam etmesi, Glenn T. Seaborg (görselde) ve Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley ile bağlantılı diğer kimyagerlerin çok sayıda uranyum ötesi elementi keşfetmeleri için verimli bir ortam oluşturdu. Kaynak: Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı



E.I. du Pont de Nemours and Company'de görev yapan kimyager Wallace Carothers, 1931 yılında ticari başarı elde eden ilk sentetik kauçuk olan neoprenin bir örneğini tutuyor. Carothers ayrıca naylonun geliştirilmesine de öncülük etti. Kaynak: Logic Images/Alamy



Vannevar Bush (1942'de görüntülenmiştir), İkinci Dünya Savaşı sırasında Bilimsel Araştırma ve Geliştirme Ofisinin direktörüydü. Bush, devletin araştırmaya yatırım yapmasını savundu; bu yaklaşım 1950 yılında Ulusal Bilim Vakfının kurulmasına yol açtı. Kaynak: Associated Press

Dünyanın ilk tamamen sentetik lifi olan naylon, E.I. du Pont de Nemours and Company için son derece başarılı bir ürün oldu (görselde 1950'lerden bir reklam yer alıyor). Güçlü, hafif ve esnek olan bu malzeme; çoraplardan ip ve kordonlara, askerî paraşütlere kadar pek çok ürünün yapımında kullanıldı. Kaynak: RetroAdArchives/Alamy

Roy J. Plunkett, E.I. du Pont de Nemours and Company'de soğutucu gazlar üzerinde çalışırken Teflon'u tesadüfen keşfetti. Dondurulmuş ve sıkıştırılmış bir tetrafloroetilen örneğini açtıktan sonra, maddenin politetrafloroetilen olarak bilinen beyaz bir katıya polimerleştiğini fark etti. Isıya dayanıklı, kimyasal olarak inert ve yüzey sürtünmesi çok düşük olan bu malzeme, pişirme kapları gibi yapışmaz ürünler için idealdi. Kaynak: Associated Press

Örneğin, Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley'de emeritus tarih profesörü olan John Lesch'e göre ABD ilaç endüstrisi, iki dünya savaşı arasındaki dönemde bilimsel uzmanlığı kendi bünyesine almaya ve üniversitelerle araştırma bağlantıları kurmaya başladı. Sülfa ilaçlarının ve ardından diğer antibiyotiklerin başarısı bu çabayı daha da hızlandırdı; ilaç araştırma ve geliştirme faaliyetleri 1930'ların sonlarından 1960'lara kadar büyük ölçüde genişledi.

1970'lerde laboratuvarını kuran Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü kimyageri Peter Dervan, temel araştırmaların altın çağından doğrudan yararlananlardan biri olduğunu söylüyor. Dervan'ın laboratuvarı, DNA'ya diziye özgü biçimlerde bağlanabilen sentetik molekülleri araştırdı. "Yeni bir ilaç geliştirmeye çalışmıyorduk. Bir şirket kurmak için yeni bir aygıt yapmaya da çalışmıyorduk," diyor. Bunun yerine şu sorunun yanıtını arıyorlardı: "Kimya ile biyolojinin sınırında, kimyagerlerin daha önce yapılmamış neyi yapması mümkün?"

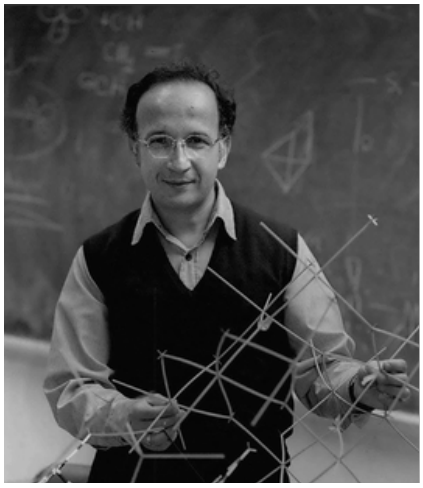
Hepler-Smith, İkinci Dünya Savaşı'nın büyük bilim projelerinin bilgi ortamını da değiştirdiğini ve çok büyük miktarlardaki verilerin yönetilmesi ve erişime sunulması için sistemlerin geliştirilmesine yol açtığını belirtiyor. Ona göre bu sistemler, ilaç geliştirmede bileşiklerin geniş kapsamlı biçimde taranmasını ve çevre düzenlemelerinin oluşturulmasını mümkün kılmaya yardımcı oldu. Bu sistemler ayrıca kimyanın hesaplamalı yaklaşımları görece erken benimsemesini de kolaylaştırdı.

Yüzlerce, hatta binlerce kimyagerin, kimyasal bilginin giderek daha fazla yönü için laboratuvar yerine bilgisayara başvuracağı bilgisayar kullanan kimyagerler çağının artık başladığına olan inancımı özellikle güçlü bir biçimde vurgulamak isterim.

Robert S. Mulliken, 1966

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, bu ultraviyole-görünür bölge spektrofotometresi gibi kimyasal maddeleri hassas biçimde karakterize etmeye yarayan cihazlar, ABD'li kimyagerler için daha yaygın biçimde erişilebilir hâle geldi.

Ticari bir nükleer manyetik rezonans spektrometresine ait bu reklam, 1967 yılında C&EN'de yayımlandı. Kaynak: C&EN Arşivi



Elektronik bilgisayarlar, Roald Hoffmann'ın (1981'de görüntülenmiştir) ve R.B. Woodward'ın 1960'larda, kimyasal tepkimelerde bağların nasıl oluşup kırılacağına ilişkin ince geometrik ayrıntıları öngören Woodward-Hoffmann kurallarını geliştirmek ve sınamak için gerekli hesaplamaları yapmalarını sağladı.

Morris'e göre NMR, bu dönüşümün simgesidir. "Birincisi, kimya açısından son derece önemlidir. İkincisi, korkunç derecede pahalıydı." ABD'li araştırmacılar, mevcut finansman olanaklarından yararlandı. Morris, "Üçüncü olarak, büyük ölçüde savaş dönemindeki araştırma ve geliştirme faaliyetleri sayesinde ABD elektronik alanında güçlendiği için, bunun önemli bir kısmı Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirildi," diyor. Morris'e göre cihaz üreticilerine yakın olmak, ABD'li kimyagerlerin yeni araçları kolaylıkla edinmelerini ve bu cihazların geliştirilmesi konusunda iş birliği yapmalarını da sağladı.

Reinhardt, bu etkenlerin yanı sıra ABD'li kimyagerlerin, bu cihazların değerini görmelerini ve sonuçlarına güvenmelerini sağlayan bilimsel bir düşünce çerçevesine sahip olduklarını belirtiyor. Tepkimeleri mekanistik bir bakış açısıyla ele alma biçimlerini hızla benimseyen ve farklı alt disiplinler arasında bağlantı kuran ABD'li kimyagerler, yeni cihazları kullanmaya hazırdı. Örneğin, kuantum mekaniğinin bağlanmayla ilgili sorulara uygulanmasına öncülük eden ve geliştirdiği teknikleri biyolojik moleküllerin incelenmesine taşıyan Amerikalı kimyager Linus C. Pauling, NMR'nin kimyadaki potansiyeline erken dönemde büyük ilgi gösterdi.

Günümüzde Ukrayna sınırları içinde kalan bir bölgede doğan Polonya kökenli Amerikalı kimyager Roald Hoffmann, bilgisayarlar da dâhil olmak üzere yeni cihazların Nobel Ödülü kazanan çalışmalarını mümkün kıldığını belirtiyor. Hoffmann, Holokost'tan sağ kurtulduktan sonra 1949 yılında, 11 yaşındayken ABD'ye göç etti. 1960'larda kimyager R.B. Woodward ile birlikte çalışarak, orbitallere ilişkin basit fikirlerin kimyasal tepkimelerde bağların nasıl oluşup kırılacağına dair ince geometrik ayrıntıları öngörmek için kullanılabileceğini gösterdi. Kuramı oluşturmak ve sınamak için gerekli olan ve elle yapılamayan kuantum mekaniksel hesaplamalarda elektronik bilgisayarlardan yararlandı. Yeni cihazlardan elde edilen veriler de araştırmacıların tepkimelerin ayrıntılı sonuçlarını belirlemesine ve öngörülerin doğru olup olmadığını görmesine yardımcı oldu.

"Çok şanslıydık," diyor Hoffmann. "Bize yöneltilen soruların yanıtlarını elde etmeye hazır bir alana denk geldik."

Reinhardt'a göre sonuçta bu yeni cihazlar ve topladıkları veriler, kimyayı taşınabilir hâle getirdi. "Kendinizi deney tüpündeki maddeden ayırıyorsunuz," diyor. "Artık ona eskisiyle aynı şekilde ihtiyaç duymuyorsunuz." Kimya artık hücrelerin içinden uzaya kadar her yerde yapılabiliyor ve neredeyse her bilimsel disiplinin önemli bir parçası hâline geliyordu.

Kimya; sentez, dizileme ve analiz yöntemlerini geliştirdi. Parlak biyokimyagerlerin ise enzimleri ve plazmitleri vardı. Bu iki nehrin birleşmesi, bugün biyoteknoloji endüstrisi olarak adlandırdığımız alanın tohumunu oluşturdu.

Peter Dervan

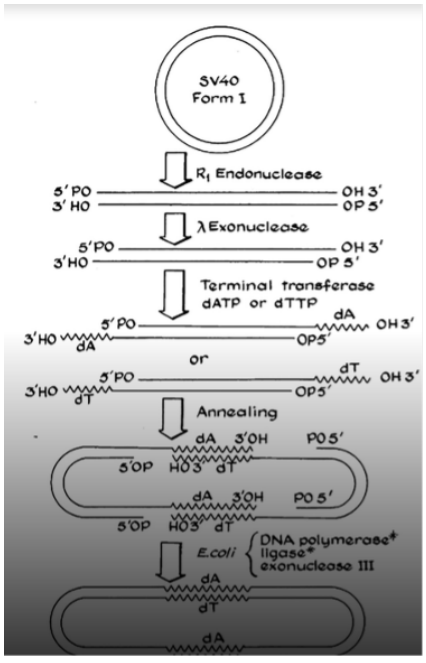
KİMYAGERLER BİYOLOJİDEN YENİ ÜRÜNLER GELİŞTİRİYOR

İnsanlar binlerce yıldır biyolojiden kendi amaçları doğrultusunda yararlanıyor; ancak bu alandaki büyük ölçekli çalışmalar, kimyagerlerin merkezî bir rol üstlenmesiyle 20. yüzyılda ortaya çıktı. Örneğin Charles Pfizer and Company, büyük bir ilaç şirketine dönüşmeden önce, 1920'lerde New York'un Brooklyn bölgesinde sitrik asit üretmek amacıyla bir küf fermantasyon tesisi kurdu. Sitrik asit; koruyucu, stabilizatör ve aroma verici olarak, özellikle de o dönemde alkolsüz içeceklerde kullanılıyordu. Bu yaklaşım, Birinci Dünya Savaşı sırasında bulunması zorlaşan limon ve misket limonuna dayalı sitrik asit üretimine olan bağımlılığı ortadan kaldırdı. Dahası, gelişmekte olan fermantasyon teknikleri glukonik asit ve askorbik asit (ya da C vitamini) gibi başka yararlı ürünlerin elde edilmesini sağladı ve İkinci Dünya Savaşı sırasında penisilinin seri üretimi için vazgeçilmez hâle geldi.

Mikroorganizmaları molekül üretmek için kullanmak dönüştürücü nitelikteydi; ancak biyoteknoloji daha yeni başlıyordu. 1970'ler büyük bir sıçrama getirdi: Bilim insanları DNA'yı nasıl manipüle edeceklerini öğrendikçe, doğanın ortaya koyduklarının çok ötesine geçebildiler. Yeni enzimler tasarlamak amacıyla yönlendirilmiş evrimi kullandığı çalışmalarıyla 2018 Nobel Kimya Ödülü'nü kazanan Caltech'ten biyokimya mühendisi Frances H. Arnold, "Kimyagerler yeni biyoloji, yeni kimya yaratır—biz bir şeyler inşa ederiz," diyor.

Rekombinant DNA'nın geliştirilmesi çok büyük bir dönüm noktasıydı. Stanford Üniversitesi biyokimyageri Paul Berg, 1972 yılında bakteriyel bir virüse ait küçük bir DNA parçasını bir konak virüsün DNA'sına ekleyerek insan eliyle oluşturulan ilk rekombinant DNA'yı ürettiğini bildirdi. Kısa bir süre sonra, Kaliforniya Üniversitesi, San

Sitrik asit ve daha sonra penisilin, Charles Pfizer and Company'nin New York'un Brooklyn bölgesindeki tesisinde fermantasyon yoluyla üretildi (görsel yaklaşık 1948 yılına aittir). Kaynak: Pfizer'ın izniyle



1972 yılında kimyager Paul Berg ve çalışma arkadaşları, insan eliyle oluşturulan ilk rekombinant DNA'yı bildiren bir makale yayımladı. Makaledeki bu şekil, ekibin DNA parçalarını birleştirmek için kullandığı genel yaklaşımı ana hatlarıyla göstermektedir. Kaynak: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America

Herbert W. Boyer (1970'lerde görüntülenmiştir) ve Stanley N. Cohen, yabancı DNA'yı bir bakteriye yerleştirerek bu DNA'nın doğal yollarla çoğalmasını sağladıklarında genetik mühendisliğinde önemli bir dönüm noktasına ulaştılar. Boyer daha sonra, 1976 yılında Genentech'in kurucu ortaklarından biri oldu. Kaynak: Genentech'in izniyle

Francisco'dan biyokimyager Herbert W. Boyer ile Stanford'dan Stanley N. Cohen, rekombinant DNA'yı bir bakteriye yerleştirdi ve yabancı DNA'nın doğal yollarla çoğalmasını sağladı. Boyer, 1976 yılında risk sermayedarı Robert A. Swanson ile birlikte Genentech'i kurdu. Kısa sürede başka girişimler de onları izledi.

Dervan, "Kimya; sentez, dizileme ve analiz yöntemlerini geliştirdi," diyor. "Parlak biyokimyagerlerin ise enzimleri ve plazmitleri vardı. Bu iki nehrin birleşmesi, bugün biyoteknoloji endüstrisi olarak adlandırdığımız alanın tohumunu oluşturdu."

Hem Dervan hem de Lesch, 1980 tarihli Bayh-Dole Yasası'nın biyoteknolojinin büyümesindeki başlıca itici güçlerden biri olduğuna dikkat çekiyor. Yasa, üniversitelere federal fonlarla ortaya çıkan buluşlar üzerinde hak tanıyarak araştırmaların ticarileştirilmesini teşvik etti.

Arnold, süregelen biyoteknoloji patlamında ABD'nin üstlendiği öncü rolü kısmen ABD'li araştırmacıların risk almaya istekli olmalarına bağlıyor. "Geçmişin kısıtlamalarına bağlı değildik," diyor. "Kimyanın ne olduğunu yeniden tanımlama konusunda genç olmanın avantajına sahiptik."

Arnold'ın kendi araştırmalarında, enzimleri kodlayan gen dizilerine rastgele mutasyonlar ekleniyor, bu diziler yeniden bakterilere yerleştiriliyor ve bir sonraki neslin temelini oluşturmak üzere en iyilerin en iyileri seçiliyor. Çok sayıda nesil boyunca enzimler, araştırmacıların tam olarak istedikleri işlevi yerine getirecek biçimde optimize ediliyor. Arnold'a göre bu yönlendirilmiş evrim yaklaşımı, yeni ilaçlar ve temiz enerji teknolojileri açısından büyük bir potansiyel taşıyor.

Arnold, ABD kimyasının ve genel olarak kimyanın geleceğini biyolojik olarak görüyor. "Çok da uzak olmayan bir gelecekte," diyor, "her türlü kimyayı genetik olarak kodlayabileceğiz."

Görselde yer alan Senatör Birch Bayh (Demokrat-Indiana) ve Senatör Bob Dole (Cumhuriyetçi-Kansas), üniversitelerin ve diğer kurumların federal fonlarla geliştirilen buluşların patentini almasına ve bunları ticarileştirmesine olanak tanıyarak biyoteknoloji alanındaki yenilikleri hızlandıran 1980 tarihli Bayh-Dole Yasası'na öncülük etti. Kaynak: AP Photo/John Duricka

Enzimleri tasarlamak için yönlendirilmiş evrimin kullanılması üzerine yaptığı çalışmalarla 2018 Nobel Kimya Ödülü'nü kazanan Frances H. Arnold (görselde), "Çok da uzak olmayan bir gelecekte, her türlü kimyayı genetik olarak kodlayabileceğiz," diyor. Kaynak: Christopher Michel

Bu kimyasallarla böylesine iç içe yaşayacaksak—onları yiyip içecek, kemiklerimizin iliğine kadar alacaksak—doğaları ve güçleri hakkında bir şeyler bilsek iyi olur.

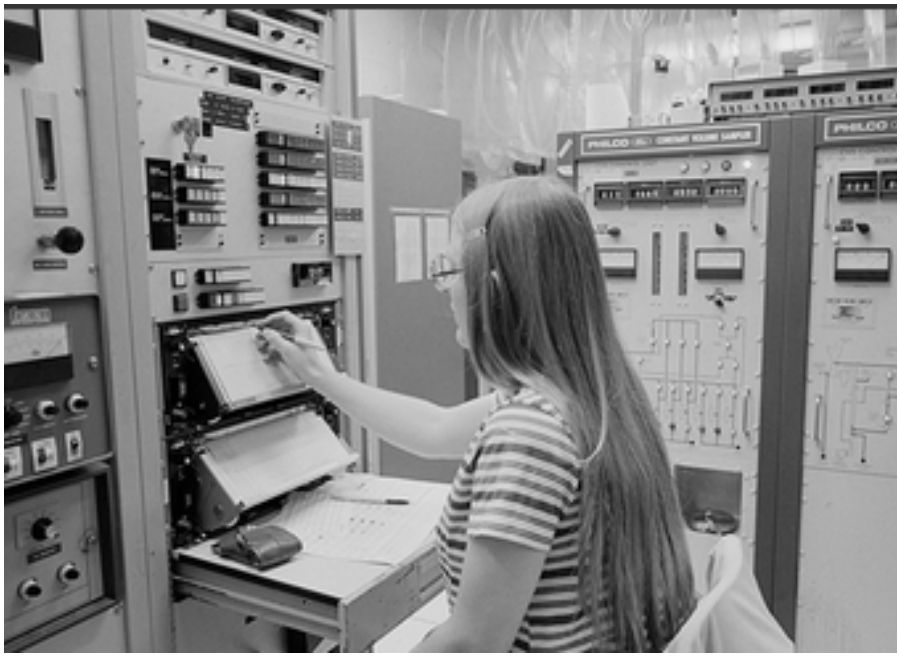
Rachel Carson, Sessiz Bahar, 1962

KİMYAYLA HEM BAŞARILI OLMAK HEM DE İYİLİK YAPMAK

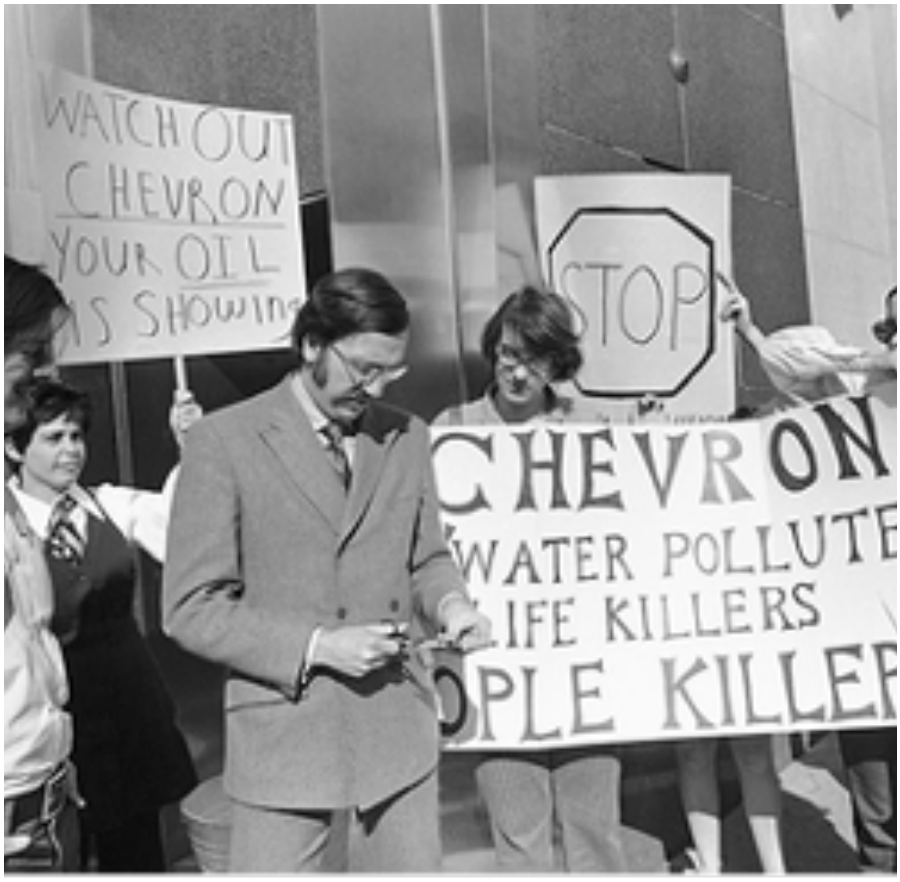
Tarih boyunca kimyagerler, kimyasal ürünlerin ve süreçlerin insan sağlığına ve gezegene nasıl zarar verebileceği gerçeğiyle yüzleşti; bu da ABD kimyasının öyküsünü yalnızca başarıların değil, aynı zamanda yön değiştirerek öğrenme ve gelişmenin de öyküsü hâline getirdi. İşte bazı örnekler: Doktor Alice Hamilton, 1910 yılında Illinois'deki sanayi işçileri arasında görülen hastalıkları, kurşunla ilişkili sektörlerdeki yüksek ölüm oranları da dâhil olmak üzere, resmî olarak araştırmaya başladı. Daha sonra patlayıcı fabrikalarındaki ve viskoz rayon üretimindeki mesleki tehlikeleri inceleyen Hamilton, iş ve meslek hastalıkları tıbbının geliştirilmesine öncülük eden kişi olarak kabul edilir.

Biyolog Rachel Carson, 1962 tarihli Sessiz Bahar adlı kitabında, özellikle DDT olmak üzere pestisitlerin besin zincirine nasıl karışabileceğini ve yaban hayatına ve insan sağlığına nasıl zarar verebileceğini anlattı. Kitap ve onun yarattığı kamuoyu farkındalığı, kimya endüstrisi üzerindeki devlet denetiminin artmasına yol açtı ve birçok kimyageri çalışmalarına farklı bir açıdan bakmaya teşvik etti.

20. yüzyılın başlarında, iş ve meslek hastalıkları tıbbının öncülerinden doktor Alice Hamilton (görselde), emaye eşya üretimi, kauçuk üretimi ve diğer sektörlerde çalışan kişiler arasındaki yüksek ölüm ve kurşun zehirlenmesi oranlarını inceledi. Kaynak: Kongre Kütüphanesi Baskılar ve Fotoğraflar Bölümünün izniyle



Bir çalışan, 1977 yılında ABD Çevre Koruma Ajansına ait bir laboratuvarda otomobil emisyonlarını test ediyor. EPA, hava kalitesi ve emisyon standartlarını belirler ve uygular. Kaynak: Kongre Kütüphanesi Baskılar ve Fotoğraflar Bölümünün izniyle



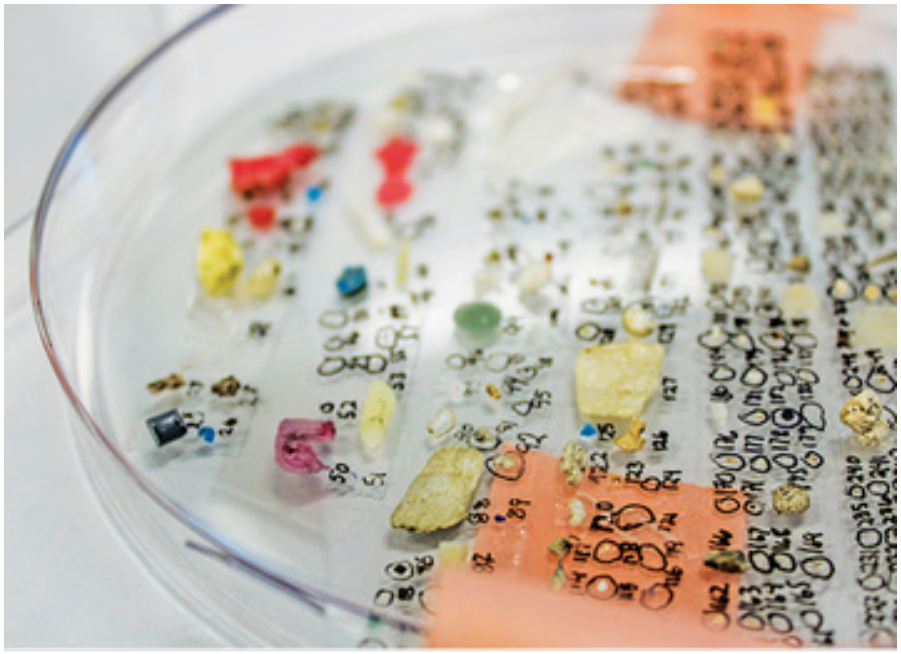
Göstericiler, açık denizdeki bir petrol platformunun Meksika Körfezi'ne on binlerce varil ham petrol sızdırmasının ardından, 1970 yılında Chevron'un New Orleans'taki ofislerinin önünde protesto düzenliyor. Kaynak: Associated Press

Günümüzde kimyayla ilgili kaygılar arasında mikroplastiklerin yaygınlaşması, per- ve polifloroalkil maddelerin (PFAS) çevrede kalıcılığı ve sera gazı emisyonlarının gezegenimizi ısıtması yer alıyor.

Reinhardt'a göre kamuoyundaki büyük değişim 1970'lerde başladı; insanlar plastikler gibi kimyasal ürünleri artık öncelikle birer araç olarak değil, bir sorun olarak görmeye başladılar. ABD, bu ürünleri düzenleme çabalarında öncü bir rol üstlendi. Reinhardt, ABD Çevre Koruma Ajansının kurulmasına ve Toksik Maddeler Kontrol Yasası'na dikkat çekiyor. Kimyayı genel olarak kökten değiştiren bazı cihazlar, kimyagerlerin çevresel kirleticileri giderek daha düşük derişimlerde tespit etmelerini de mümkün kıldı.

Ekonomik etkenler de devreye girdi. Caltech'ten inorganik kimyager Harry B. Gray'e göre 1970'lerdeki benzin krizi, temiz enerjiye yönelme çabalarını hızlandırdı. İnsanlar hidrojen yakıtı üretmek amacıyla suyu parçalamaya çalıştıkça, ışıkla başlatılan kimyasal tepkimeler—fotokimya—üzerine çalışmalar ivme kazandı. Ancak bu çalışmalar kesintili ve düzensiz biçimde ilerledi. Gray'e göre ilgi, 1990'larda yeniden artmadan önce azaldı. Yine 1990'larda kimyagerler Paul Anastas ve John Warner, kimyagerlerin insanlara ve çevreye daha dost tepkimeler geliştirmek için izlemesi gereken 12 ilkeyi ortaya koydukları Yeşil Kimya: Kuram ve Uygulama adlı kitabı yayımladı.

Princeton Üniversitesinden fiziksel kimyager Emily A. Carter, 2007 yılında kimya ve kimya mühendisliği alanlarının fosil yakıtlardan uzaklaşıp daha sürdürülebilir yaklaşımlara yönelerek köklü bir değişim geçirmesi gerektiğini fark ettiğini söylüyor. Aynı yıl, Birleşmiş Milletler Hükûmetlerarası İklim Değişikliği Paneli dördüncü raporunu yayımlayarak gezegenin ısınmasının "tartışmasız" olduğunu ilan etti. Carter o tarihten bu yana, enerji dönüşümü ve karbon azaltımı konusunda iş birliği yapmak üzere akademik araştırmacılar ile sanayi temsilcilerini bir araya getiren çalışmalara öncülük ediyor.



San Francisco Körfez Bölgesi'nde toplanan mikroplastikler. Son yıllarda insanlar mikroplastiklerin yaygınlığı konusunda endişe duymaya başladı; kimyagerler de bu parçacıkların varsa ne tür sağlık etkilerine yol açabileceğini araştırmaya başladı. Kaynak: Cole Brookson

Paul Anastas (2010 yılında Deepwater Horizon petrol sızıntısına ilişkin bir Senato oturumunda görüntülenmiştir), 1990'larda John Warner ile birlikte yeşil kimyanın 12 ilkesini geliştirdi. Kaynak: Associated Press

Chicago Üniversitesinden kimyager Laura Gagliardi'ye göre ABD, hem temel araştırmaları destekleyerek hem de temiz enerji arayışında kimyagerleri ve mühendisleri politika yapıcılarla bir araya getirerek küresel iklim krizinin ele alınmasında önemli bir rol oynadı. "Kimyagerler bu devrimin merkezinde yer alıyor ve rol oynamaya devam etmemiz gerekiyor," diyor.

ABD KİMYASININ GELECEĞİ

ABD kimya dünyasının bundan sonraki dönemde nasıl bir seyir izleyeceğini öngörmek zor.

Bazı ölçütlere göre ABD, 20. yüzyılda elde ettiği öncü konumun büyük bölümünü şimdiden kaybetmiş durumda. Nature Index'e göre Çin, yüksek kaliteli kimya araştırmalarının en büyük üreticisi ve yıllık kimya patent yayınlarında ABD'nin ve diğer ülkelerin önünde yer alıyor.

Bazı kimyager grupları Donald J. Trump yönetiminin yerli üretimi artırma ve düzenlemeleri geri çekme çabalarını desteklerken, diğerleri temel araştırmalara yönelik federal fonların azaltılmasının gelecekteki bilimsel ilerlemeleri baltalayacağından endişe ediyor.

Birçok kişi ayrıca ABD'nin vize ve göç politikalarındaki değişiklikleri ve ABD dışındaki araştırmacılarla iş birliklerine getirilen kısıtlamaları, ABD bilimini güçlü kılan etkenlere aykırı görüyor.

Gagliardi, "Tarihsel olarak burası fırsatlar ülkesi olmuştur," diyor. "Umarım öyle kalır." Carter'a göre şimdilik iklim ve enerji çözümleri konusunda dünyanın geri kalanının öncülük etmesi gerekecek. "Zaten bu, tek bir ülkenin çözebileceği bir sorun değil," diyor.

Mevcut çalkantılara rağmen ABD'li kimyagerler, günümüzün en büyük sorunlarını çözmeye yönelik çalışmalarını sürdürecekleri konusunda iyimser. Gray'e göre yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi, çevrenin kirlilikten korunması ve insan sağlığının iyileştirilmesi listenin en üst sıralarında yer alıyor.

"Bunların üstesinden gelebilirsek, uygarlığa muazzam bir katkıda bulunmuş oluruz," diyor. "Kimyagerler artık güçlerini göstermeli ve geri durmamalı."

Elizabeth Quill, Washington, DC yakınlarında yaşayan serbest bilim gazetecisidir.