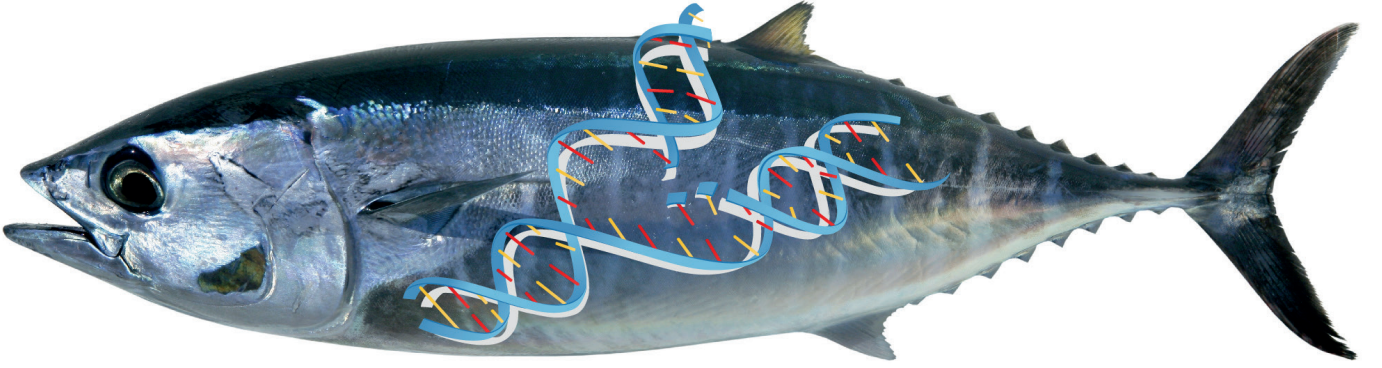


Yaşamın Barkodu

Süpermarket raflarını dolduran her ürün barkod adını verdiğimiz, o ürüne özgü tüm bilgileri içeren özel bir kimlik belgesi taşıyor. Her canlının kimliğini DNA belirlediğine göre acaba türleri birbirinden ayıracak bir DNA barkodu söz konusu olabilir mi? Bir de buna akıllı telefonlarımıza takacağımız mini DNA analiz cihazı eklenirse? Bilim kurgu filmlerine özgü gibi görünen bu senaryonun ilk adımları atılmış durumda. Bu teknoloji sayesinde yakın bir gelecekte gıda sahtekârlıkları geçmişte kalacak.



thinkstock

8 Ekim 2009'da Ankara ve Polatlı Jandarması Mamak ilçesine bağlı İmrahor Vadisi'ndeki bir çiftlik evine baskın yaptı. Baskın aslında üç aylık bir teknik takipten sonra gerçekleşiyordu. Takip, Eskipolatlı köylülerinin büyükbaş hayvanlarının çalınması üzerine başlamıştı. Beklenmedik bir anda karşılarında jandarmayı gören çete üyeleri, çaldıkları hayvan etlerini paketlemekle meşguldü. Suçüstü yakalanan bu zanlıların aslında 20 kişiden oluşan bir şebekenin üyeleri olduğu ortaya çıktı. Sorgulama sonucu şebekenin Kırıkkale, Polatlı, Beypazarı, Bala, Kazan ilçelerinde gerçekleşen büyükbaş hayvan hırsızlıklarından sorumlu olduğu anlaşılacaktı. Çete üyeleri bir araçla kırsaldan hayvanları çalıyor, seyyar kesimhane ve soğuk hava deposuna dönüştürdükleri ikinci bir araçta kesip parçalıyor, çiftlik evine getirdikten sonra içine köpek, at ve eşek eti karıştırarak paketleyip başkentin en lüks ilçesi olan Çankaya'daki birçok markete ve kasaba satıyordu. Haber sadece Çankaya sakinlerinin değil ülke çapında çok sayıda insanın, yedikleri etin kaynağını sorgulamasına neden olmuştu.

Problemin çözümüne yardım edeceği düşüncesi ile Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı internet sitesinde ürünlerinde taktit ve taşış yapan firmaların isimlerini açıklama kararı aldı. 5 Haziran 2012 tarihinde açıklanan rapor, problemin boyutlarının sandığından çok daha büyük olduğunu gösteriyordu. Piyasadan rasgele toplanan ürünlerin laboratuvar analizleri, bazı şirketlerin örneğin sucuk ve benzeri ürünlere at, eşek ve hatta kanatlı eti, kıymalı ve kuşbaşı pidelere domuz eti, tereyağına ise bitkisel yağ katmış olduğunu gösteriyordu.



thinkstock



thinkstock



thinkstock

Genetikçi bir bilim insanı olarak, bu tür haberleri okuyunca düşündüğüm çözüm doğal olarak yaşamın sırrı DNA'ya ve genetik mühendisliği olarak da bilinen DNA teknolojisinin tüketiciye ulaştırılmasına dayanıyordu. Her canlının kimliğini DNA belirlediğine göre kaynağını merak ettiğimiz gıda maddesinin ne olduğunu bir tüketici olarak ürünün DNA'sına bakarak belirleyebilmeliydik. Onun için de moleküler biyoloji laboratuvarlarında kullandığımız DNA analiz cihazlarının cebe sığabilecek kadar küçük modellerini geliştirmeli, satın almayı düşündüğümüz gıda maddesinden daha markete iken alacağımız küçücük bir parçayı bu cihaza yerleştirerek, akıllı telefonlarımızın da yardımı ile genetik kökenini oracıkta belirleyebilmeliydik. Eğer eklenen küçük bir parça ile akıllı telefonları mikroskopa dönüştürebiliyor, teşhis laboratuvarı bulunmayan kırsal kesimlerdeki hastalardan alınan örnekler için görselleri teşhis için internet üzerinden büyük sağlık merkezlerine ulaştırabiliyorsak, aynı şeyi satın aldığımız bir ürünün kökenini belirlemek için neden yapmayalım? Belli ki insanlık olarak gerekli teknolojiye sahibiz.

Böyle bir teknoloji geliştirmek için çalışan birileri olmalı düşüncesi ile araştırma yaptığımda özellikle lise öğrencisi okurularımın ilgisini çekecek sürprizlerle karşılaştım.



thinkstock

2009-2010 öğretim yılının ilk yarısında, New York Manhattan'daki Trinity Lisesi'nden Brenda Tan (17) ve Matt Cost (18) Rockefeller Üniversitesi ve Amerikan Doğa Tarihi Müzesi'nin ortaklaşa yürüttüğü bir projeye katılıyor. Brenda ve Matt, yaşadıkları ortamdaki canlıların ve bazı gıda maddelerinin kökenlerini belirlemek amacıyla örnek toplamaya başlıyor. Dört aylık bir çalışma sonucu mahallelerinde yaşayan değişik bitkilere, hayvanlara, böceklerle ve bazı gıda maddelerine ait 217 örnek topluyorlar. Rockefeller Üniversitesi bilim insanlarından Mark Stoeckle, pro-

jelerinde yol gösterici oluyor. Brenda ve Matt topladıkları örneklerden elde edilen DNA'ların analizi sonuçlandığında, yaşadıkları mahalleyi 95 farklı türle paylaştıklarını öğreniyorlar. Bu projeleri ile daha önce hiç rastlanmamış bir hamam böceği türü de keşfediyorlar.

Brenda ve Matt topladıkları 66 gıda örneğinden 11'inin yanlış etiketlendiğini görüyor. Örneğin koyun peyniri diye satılan peynirin aslında inek sütü ile yapılmış olduğunu, mersin balığı havyarı diye satılan ürünün aslında Mississippi nehri- ne özgü bir balıktan elde edilmiş olduğunu keşfediyorlar.

Stoeckle benzer bir projeyi aynı okuldan mezun olmuş, birisi kendi kızı olan iki öğrenci ile birlikte bir yıl önce de yapıyor. Kate Stoeckle (19) ve arkadaşı Louisa Strauss (18) araştırma projeleri için, pek çok sahil şehrinde olduğu gibi deniz ürünlerinin çokça tüketildiği New York'ta ve civarında satılan deniz ürünlerinden 60 örnek topluyor. Bunun için ikili Manhattan'daki dört lokantanın ve on marketin kapısını çalıyor. Örnekleri DNA analizi için, projenin bir ayağı olan Kanadadaki Guelph Üniversitesi'ne gönderiyorlar.



thinkstock



Her bir balık örneğine ait DNA dizilimi, 5463 balık türüne ait DNA dizilim bilgisinin depolanmış olduğu FishBol adlı bir veri tabanındaki bilgilerle karşılaştırılıyor ve her bir balığın kimliği belirleniyor.

DNA analizi ilginç sonuçlar ortaya çıkarıyor. Satılan balıkların dörtte birinin (% 25) yanlış etiketlendiği ortaya çıkıyor. Örneğin lüks gıdalar arasında satılan bir suşi örneğinin kilosu yaklaşık 17 dolar olan ton balığından değil, kilosu yaklaşık 3,5 dolar yani çok daha ucuz olan, balık çiftliklerinde yetiştirilen ve anavatanı Afrika olan bir tatlı su balığından (tilapia) yapıldığı anlaşılıyor. Amerika ve Afrika kıtası açıklarında yaşayan bir balık türü olan kırlangıç balığı diye satılan balıkların, aslında Atlantik morina balığından tutun, soyu tükenmek üzere olan Akadiya kırmızı balığına kadar başka başka balıklar olduğu ortaya çıkıyor. Araştırma sonuçları dört lokantanın ikisinde ve on marketten altısında satılan balıkların yanlış etiketlenmiş olduğunu gösteriyor.

Projenin fikir babası, Guelph Üniversitesi'nden Paul Hebert bir gün süpermarkette alışveriş yaparken gözü paketlerin üzerindeki barkodlara takılıyor. Market çalışanlarından biri elindeki tabancayı andıran bir cihazla ambalajlar üzerindeki barkodları okuyarak ürünün ne olduğunu anında belirliyor, rafta kaç tane kaldığı bilgisini kablosuz ağ üzerinden depoya bildirerek satılan ürünün yerine yenisinin konmasını sağlıyor. Barkodlar, çıkıştaki gişelerde ödemelerin de

çok hızlı yapılmasını sağlıyor. Hebert aynı şeyin biyolojik sistemler için de yapılabileceğini düşünüyor.

DNA dört harfli bir alfabeden oluştuğuna göre belli sayıdaki nükleotid dizilimi bir şekilde barkoda dönüştürülebilir. Bunun için türleri birbirinden ayırt edebilecek DNA dizilimine ihtiyaç vardı. Dizilimi türden türe fark eden bir gen olmalıydı. Eğer böyle bir dizilim bulunabilir ve barkoda dönüştürülebilirse bütün canlıları DNA dizilimlerine dayanarak birbirlerinden ayırmak mümkün olurdu.

1707-1778 yılları arasında yaşamış İsveçli bilim insanı Carl Linnaeus, canlıların sınıflandırılması demek olan taksonominin babası olarak bilinir. Linnaeus yaşamını bitkilerin, hayvanların ve minerallerin sınıflandırılmasına adadı. En önemli eseri olarak bilinen *Systema Naturae* ilk defa 1735 yılında yayımlandı. Linnaeus modern taksonominin temeli olan bu kitapta sistemli bir şekilde *binominal nomenclature*'yi (ikili terminoloji) kullanmıştı. *Systema Naturae*'nin en son baskısı olan 12. baskısı "Hayvanlar Krallığı", "Bitkiler Krallığı" ve "Mineraller Krallığı" adları altında üç cilt olarak 1766-1768 yılları arasında yayımlandı. Linnaeus'un geliştirdiği sınıflandırma 200 yılı aşkın süredir olduğu gibi kullanıldı ve hâlâ kullanılıyor. Linnaeus'un sınıflandırmasında bitkilerin, hayvanların ve minerallerin fiziksel görünüşleri ve yapıları çok önemliydi. Ancak Linnaeus'un sisteminin yetersiz olduğu durumlar da var. Çünkü bilim insanları



Carl Linnaeus (1707-1778)

henüz tanımlanmamış sekiz milyon civarında tür olduğunu tahmin ediyor. Bu kadar türün klasik yolla tanımlanması uzun bir süre alacak. Öte yandan maa- lesef her geçen gün bazı türler tamamen yok oluyor. Ayrıca taksonomi uzmanlarının sayısı da sınırlayıcı bir faktör. Zamanımızda yaşasaydı eminim Linnaeus da canlıların sınıflandırılması için onların el kitabı olan DNA'larından mutlaka yararlanırdı.

Moleküler yaşam bilimlerindeki gelişmeler sayesinde bilim insanları 2000'li yıllardan itibaren DNA'ya dayalı sınıflandırma konusunda önemli adımlar attı. Her ne kadar DNA dizilim belirleme teknolojisindeki gelişmeler maliyeti düşürdüyse de şimdilik her bir organizmanın gen haritasının çıkarılması ekonomik açıdan mümkün görünmüyor. Bu nedenle bilim insanları DNA'nın tamamının değil, küçük bir parçasının sınıflandırma amacıyla kullanılıp kullanılmayacağını araştırmaya başladı. Hebert ve Stoeckle bu konuda ilklendendi. Bulunacak DNA parçasının bir yandan kolayca belirlenecek kısalıkta olması, diğer yandan da türleri birbirinden ayırmayı sağlayacak büyüklükte olması gerekiyordu. Hebert ve Stoeckle çalışmaları sonucu, hücrenin enerji santralleri olarak görev yapan mitokondri adlı organelde bulunan "sitokrom C oksidaz alt ünite 1" adlı enzim geninin (CO1 geni) arzu edilen özellikleri taşıdığını belirledi.

Mitokondrilerin hücrenin çekirdeğindeki DNA'dan bağımsız olarak, kendilerine ait özel bir DNA'ları var. Bu genetik açıdan özel bir durum. Hücre çekirdeğinde bulunan ve özelliklerimizi belirleyen DNA yaklaşık 3 milyar baz çiftinden oluşuyorken, mitokondrinin DNA'sı sadece 16.600 baz çiftinden oluşur. Çekirdek DNA'sı yaklaşık 25 bin gen içerirken, mitokondri DNA'sı aralarında CO1'in de olduğu 37 gen kodlar. Mitokondri DNA'sının önemli bir başka özelliği de gelecek kuşaklara sadece anneden geçmesidir. (Daha fazla bilgi için bkz. Karaçay, B., *Yaşamın Sırrı DNA*, "Havva Varsayımı", s. 63, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 2010).

Primatların CO1 geni 648 bazdan oluşur, bu da DNA diziliminin kısa zamanda ve kolayca belirlenmesini sağlar. Kısa olmasına rağmen türler arasındaki farkın belirlenmesini mümkün kılar. CO1 geni açısından insanlar arasında sadece bir veya iki baz farkı varken, örneğin insan ile genetik olarak bize en yakın olan şempanze arasında 60, insan ve goril arasında ise 70 baz farkı vardır. Hebert, Stoeckle ve ortak çalıştıkları bilim insanları CO1 geninin gerçekten işe yarayıp yaramayacağını belirlemek için karada ve denizde, kutuplardan tropik bölgelere kadar Dünya'nın değişik bölgelerinde yaşayan bazı hayvan türlerinin CO1 geninin dizilimini belirledi. Bu çalışmaları, CO1 gen diziliminin türlerin % 98'ini hatasız olarak ayırt edebildiğini gösterdi. Bu da CO1 genine ait bilginin, hayvan türlerini birbirinden ayırmak için ihtiyaç duyulan barkod olabileceğini gösteriyordu.



Bundan sonra atılacak adım, türlere ait bir DNA barkod veri tabanı oluşturmaktır. Nitekim böyle bir veri tabanı, kısaca "BOLD" olarak bilinen "Uluslararası Yaşamın Barkodu Veri Sistemleri" adı altında 2005 yılında başlatıldı. Bu makaleyi kaleme aldığım da veri tabanında 125.846 hayvan ve 41.919 bitki türüne ait DNA dizilimi birikmiş durumda. Veri tabanına aktarılan barkod dizilim sayısı ise 1.930.339'a ulaşmış. 2015 yılında veri tabanına 5 milyon örneğe ait bilgi girilmiş ve yaklaşık yarım milyon tür belirlenmiş olması hedefleniyor.



Şimdi biraz geleceğe dönük düşünelim ve akıllı telefonlarımıza takabileceğimiz, cebimize sığabilecek bir DNA analiz cihazı geliştirilmiş olduğunu varsayalım.

Eğer üniversitede veya bir araştırma kurumunda çalışan bir bilim insanıysak, yaptığımız arazi çalışmasında yeni türler keşfetmemiz çok daha kolay olacaktır. Bulduğumuz bir bitkinin yeni bir tür olup olmadığını belirlemek için yaprağından, bir kurşun kalemin düz ucunun iz düşümü kadar bir parça alıp bu örneği cihaza koyduğumuzda önce DNA dizilimini belirleyeceğiz, daha sonra internet üzerinden BOLD'a ulaşarak bulduğumuz bitkinin bilinen bir tür mü yoksa daha önce tanımlanmamış bir tür mü olduğunu birkaç dakika içerisinde öğrenebileceğiz.

Eğer çevre sağlığı konusunda çalışıyorsak, örneğin bir tatil köyünün mutfağının bir köşesinde veya saunasında oluştuğu tespit edilen bir mantarın insan sağlığı için zararlı olup olmadığını alacağımız küçük bir örnek ile yerinde belirleyebileceğiz.

Akşam yemeği için bir balık lokantasını seçmişsek ve balıklar hakkında pek bir şey bilmiyorsak tabağımızdaki balığın menüde belirtilenle aynı olup olmadığını birkaç dakika içerisinde öğrenebileceğiz. Eğer lokanta sahibiysek kendimizi ve müşterilerimizi, yazımın girişinde bahsettiğim dolandırıcıların kurbanı olmaktan korumak için aldığımız etin ne olduğunu daha satın alırken belirleyebileceğiz.

Çiftçiye, meyve veya sebze üretiyorsak veya evimizde süs bitkileri yetiştiriyorsak, bitkilerimizin hangi zararlı organizmanın saldırısına uğradığını işin başında belirleyebilecek ve o zararlı için en etkin mücadele yöntemiyle ürünümüzü koruyabileceğiz. Günümüzde kullanılan pek çok tarımsal mücadele ilacı sadece hedef organizmayı değil, onunla birlikte ortamda bulunan başka organizmaları da öldürüyor. Sadece hedef organizmanın yok edilmesi biyolojik çeşitliliğin devamına katkı sağlamış olacaktır.

Her geçen gün çok sayıda türü kaybediyoruz. Gelecekte de bugün var olan türlerin pek çoğu maalesef ortadan kalkmış olacak. Bahsettiğim teknoloji, BOLD ve benzeri projeler sayesinde, gelecek nesillere yerkürenin olağanüstü zenginliğini en azından bilgi olarak aktarmış olacağız.

Kaynaklar

Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L. ve deWaard, J. R., "Biological Identifications through DNA Barcodes", *Proceedings of the Royal Society B*, Cilt 270, Sayı 1512, s. 313-321, 2003.
Stoeckle, M. Y. ve Hebert, P. D. N., "Barcode of Life", *Scientific American*, s. 82-88, Ekim, 2008.
Robinson, J., "With DNA Testing, Students Learn What's What in Their Neighborhood", *New York Times*, 26 Aralık 2009.

Schwartz, J., "Sushi Study Finds Deception", *New York Times*, 22 Ağustos 2008.
"Pidede Domuz, Sucukta Eşek Eti", *Radikal Gazetesi*, 5 Haziran 2012.
Özdemir, M. (DHA), "Çankaya'da Et Atı Satışlar", *Hürriyet Gazetesi*, 9 Ekim 2009.



Bahri Karacay, Iowa Üniversitesi Tıp Fakültesi Pediatri Bölümü, Çocuk Nörolojisi Kürsüsü öğretim üyesidir. Nörolojik doğum kusurları üzerinde genler düzeyinde yaptığı araştırmalar Amerikan Sağlık Enstitüsü (NIH) tarafından destekleniyor. Karacay'ın ilk kitabı "Yaşamın Sırrı DNA" TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları arasında yayımlandı. <http://bahrikaracay.com/turkce/>

