

Özlem Kılıç Ekici

Dr., Bilimsel Programlar Başuzmanı,
TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

İlaç ve Aşı Çiftlikleri



Moleküler Farmasötik Çiftliklerde İlaç ve Aşı Üretiliyor

Bir tarım bölgesinde, otomobilinizle şehir merkezinden çıkıp kırsal alana doğru giderken karşınıza irili ufaklı çiftlikler çıkmaya başlıyor. Yolum bir tarafında ekili tarlalar, meyve ve sebze bahçeleri, diğer tarafında otlayan hayvanlar görüyorsunuz. Dışardan bakıldığında sıradan, bildiğimiz bir tarım ve hayvancılık alanı gibi görünüyor. Ama içeriden hiç de öyle değil. Üretilen, yetiştirilen, geliştirilen bitkiler ve hayvanlar çok özel canlılar. Görünüşte değil ama işleyişte biraz farklılar. Nasıl mı? Bu çiftliklerde yaşayan ineklerin, koyunların ve keçilerin sütlerinden pıhtılaşma faktör proteinleri ve antikorlar, tavuk yumurtalarından aşılarda, bitkilerden ise tedavi edici proteinler, aşılarda ve ilaçlar üretiliyor. Bu çiftlikler kesinlikle sıradan değil. Bitki ve hayvanlardan yenilebilen, içilebilen ilaçlar ve aşı üretilen çiftlikler. Yani geleceğin modern moleküler farmasötik çiftlikleri.



Moleküler farmasötik çiftlikler çok yakın gelecekte adını sıkça duyacağımız bir bilimsel araştırma alanı. Bu alan, transgenik yani bünyesinde yabancı genler olan bitkilerden ve hayvanlardan, insanlara yararlı olabilecek birtakım ilaçların, aşılarda, hormonların, proteinlerin, antikorların veya tedavi edici özelliği olan başka maddelerin örneğin antitoksinlerin sentezlenmesini kapsıyor. Aslında bu fikir çok da yeni sayılmaz, ama uygulamaya konulması, kabul görmesi ve ticarileşmesi henüz yeni.



Farmasötik, Biyoteknolojik ve Genetik Yaklaşım

Farmasötik teknolojiyi, yeni bir kimyasal bileşimin hastalar tarafından etkili ve güvenli olarak kullanılabilen bir ilaca dönüşmesindeki tüm işlemleri kapsayan bir eczacılık disiplini olarak tanımlayabiliriz. Bu, yeni bir ilaç türünün geliştirilmesi ve ilacın kullanımını ilgilendiren tüm teknolojiler olarak özetlenebilir. Biyoteknoloji ise bitkilerin, hayvan veya mikroorganizmaların tamamı ya da bir parçası kullanılarak yeni bir organizma elde etmek veya var olan bir organizmanın genetik yapısında istenen yönde değişiklikler meydana getirmek amacıyla kullanılan yöntemleri içeriyor. Canlıların iyileştirilmesi ya da endüstriyel kullanımına yönelik ürünlerin geliştirilmesi amacıyla modern teknoloji doğa bilimlerine uygulanıyor.

İnsanoğlu düenden bugüne daha kaliteli, dayanıklı ve verimli bitkisel ürünler ya da daha çok süt, yumurta ve et elde etmek için bitkileri ve hayvanları ıslah etmiş ve büyük ölçüde de başarılı olmuş. Ancak genetik mühendisliğinin ve biyoteknolojinin yıldızının parladığı 1980'li yıllardan beri bilim insanları bitkileri ve hayvanları potansiyel ilaç ve aşı kaynağı olarak da görmeye başladı. Aslına bakarsanız özellikle bitkiler insanlardan binlerce yıldır tedavi amaçlı kullanılıyor. Bazıları gerçekten etkili, bazılarıysa insanlarda bir çeşit plasebo etkisi yaratıyor. Eskilerde şaman aktarlar, şimdilerde ise botanikçiler, ziraatçiler, mikrobiyologlar, kimyacılar ve eczacılar aklınıza gelen her çeşit hastalığa iyi gelebilecek egzotik tıbbi bitkilerin peşinde. Ama bu tür tıbbi bitkileri arazide arayıp toplamak yerine artık bitki genetik mühendisliği sayesinde her çeşit bitkiden ilaç aktif maddesi ve aşı sentezlenebilecek. Aynı şekilde klonlama yöntemiyle elde edilen transgenik hayvanlardan da bu tür tedavi edici proteinler elde edilebilecek.

Anahtar Kavramlar

Rekombinant DNA: Rekombinant DNA teknolojisi, doğada kendiliğinden oluşması mümkün olmayan, çoğunlukla farklı biyolojik türlerden elde edilen DNA moleküllerinin, genetik mühendislik teknolojisiyle kesilmesine ve elde edilen farklı DNA parçalarının birleştirilmesi işlemlerini kapsayan bir teknolojidir. Rekombinant DNA ise; bu işlem sonucu üretilmiş olan yeni DNA molekülüne verilen isimdir.

Antikor: Çok hücreli hayvansal organizmaların bağışıklık sistemi tarafından, kendi organizmalarına ait olmayan organik yapılara karşı geliştirilen glikoprotein yapısındaki moleküllerdir. Bu moleküller organizmayı yabancı moleküllerin yol açması muhtemel zarar verici etkilere karşı erkenden uyarak koruyuculuk sağlarlar.

Antijen: Vücuda girdiğinde bağışıklık sistemi tarafından antikor üretimine yol açan yabancı moleküllerdir. Antijenler genellikle protein ve polisakkarit yapısında canlı organizma kısımları ya da büyük moleküllü proteinler ve bunlara bağlanmış karbonhidratlar, nükleik, lipidik ürünlerdir.

Ekstraksiyon (Özütleme): Bir çözelti ya da süspansiyon içindeki organik maddeyi çözen fakat, çözelti ya da süspansiyondaki çözgen ile karışmayan bir başka organik çözgen yardımıyla ayırma yöntemidir.

Bitki Kaynaklı Farmasötik Ürünler

Günümüzde kullanılan birçok protein esaslı ilaç çoğunlukla mikroorganizmalardan ya da hayvan hücre kültürleri kullanılarak rekombinant DNA teknolojisiyle üretiliyor. Bu şekilde üretilmiş ilaçlar nispeten pahalı oluyor ve genetiği değiştirilmiş bitkiler kullanılarak daha ucuza elde edilebiliyor. Örneğin gramı binlerce dolara üretilen antikorlar (vücudumuzun bağışıklık sistemini güçlendiren özel proteinler) bitkilerde üretildiğinde bu fiyat gram başına 200 dolara kadar iniyor. Ayrıca bitkilerin genetiği, mikroorganizmalar veya hayvan hücreleri kullanılarak elde edilmesi mümkün olmayan, çok karmaşık yapıdaki proteinleri bile sentezleyebilecek şekilde değiştirilebiliyor. Günümüzde birçok uluslararası biyoteknoloji firması özellikle mısır, tütün, patates, yonca, pirinç, domates, soya fasulyesi ve aspir bitkilerini kullanarak tedavi edici özelliğe sahip şu maddeleri elde etmeye yönelik çalışmalar yapıyor.

Antikorlar: Kanser, HIV-AIDS, hepatit, sıtma, diş çürükleri
Antijenler (Aşılar): Kolera, diğer ishal ve kusma virüsleri,

Hepatit B

Enzimler: Tedavi ve teşhis odaklı enzimler, lipaz

Hormonlar: Büyüme hormonları, insülin

Yapısal proteinler: Kollajen

Koruyucu proteinler: Enfeksiyon karşıtı etmenler, interferon, laktoferin ve pıhtı önleyici hirudin

Genetik Değişiklik ve Transgenik Bitkiler

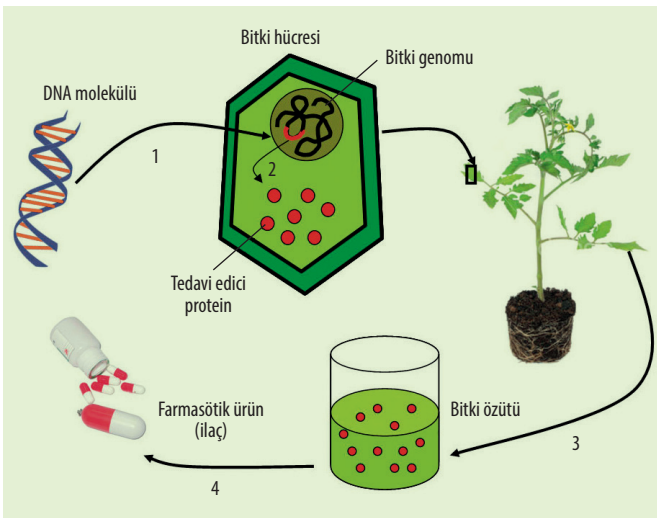
Günümüzde kullanılan birçok ilaç bitkisel kaynaklı. Fakat bitkisel kaynaklı ilaçların etken maddeleri, genelde bitkilerde doğal olarak fazla miktarda üretilen küçük moleküllü maddeler. Bitkileri yabancı proteinler örneğin antikorlar üretecek şekilde programlamak ancak bitki genetik mühendisliği ile mümkün olabiliyor. Bu da gayet yavaş ve şansa bağlı olarak işleyen bir süreç. İlk önce seçilen genler hücrelere aktarılıyor. Daha sonra bu

hücrelerden bitkilerin gelişmesi bekleniyor. Bitkilerin gelişmesi aylarca sürüyor. En sonunda bir bakıyorsunuz ya hiçbir bitki istenen proteini yeterli miktarda üretmiyor ya da üretmiş olsa da protein beklenen etkiyi gösteremiyor.

Bitki hücrelerinde üretilen protein, aynı gen dizilimine sahip olsa bile hayvan hücrelerinde aktif olan proteinle aynı özelliklere sahip olmayabiliyor. Nasıl mı? Hücreler sentezlenen proteinlere şekerleri ekler. Bitki hücreleri üretilen proteinlere hayvan hücrelerinin ekledikleriyle aynı şeker moleküllerini ekleyemeyebiliyor. Bu da farklı özelliklere sahip proteinlerin üretilmesine neden oluyor. Bu bitki proteinleri insanların kan dolaşımına verildiğinde de bağışıklık sisteminin tetiklenmesine ve istenmeyen karşı tepkimelerin oluşmasına neden olabiliyor. Bu durumu aşmak isteyen uzmanlar, bitki hücrelerinin genetiğini proteinlere hayvan hücreleriyle aynı şekerleri ekleyecekleri şekilde değiştiriyor. Fakat bunu başarmak hayli zaman alıyor.

Bitki üretimi ve protein elde etme sürecinde her şeyin yolunda gittiğini varsayalım. Bu defa da büyük ölçekli üretim için gerçek saf hatların (bitki ıslah yöntemleri kullanılarak yeni kalıtsal özellikler kazandırılmış farklı bitkisel materyal) oluşturulması gerekiyor. Bu da genelde birkaç yıl alıyor. Gerçekten zor ve sabır isteyen bir bilimsel araştırma süreci.

Büyük ölçekli üretim için transgenik bitkilerin geniş tarım arazilerinde yetiştirilmesi gerekiyor. Gerekli izni almak kolay mı? Mısır bitkisi üzerinde çok sayıda genetik çalışma ve ıslah çalışması yapıldığı için yeterli bilgi birikimi olan uzmanlar transgenik bitkilerden ilaç üretme denemelerini ilk kez bu bitki üzerinde başlattı. Uzmanların amacı her ne kadar insanların tüketmesi için gıda maddesi üretmek olmasa da, ilaç ham maddesi üretecek şekilde genetiği değiştirilmiş bu bitkilerin açık alanlarda yetiştirilmesi için gerekli iznin alınması zannedildiği kadar da kolay değil. Toplum, tükettiği gıdalara genetiği değiştirilmiş bitkilerden olabilecek bulaşma riskine karşı hayli tepkili. Birçok bilim insanı da gıda kaynağı olarak kullanılmayan bitkilerden ilaç üretilmesi fikrinden yana. ABD'de 2002 yılında yaşanan bir olay tüm bu çekincelerin haklı yönlerinin olduğunu





thinkstock

gösterdi. Nebraskada bir önceki yıl ProdiGene firması adına tarlasında, insülin yapımında kullanılan pankreas tripsin proteinini üretmek üzere genetiği değiştirilmiş mısır bitkisi yetiştiren bir çiftçi, 2002 yılında aynı arazide insan tüketimi için soya fasulyesi üretimi yapar. Ancak bir önceki senenin mısır hasadından tarlada kalmış olan mısır tohumları soyaların arasında yeşerince ve bu durum da yetkililer tarafından fark edilince fırtına kopar. ProdiGene firmasının ve diğer benzer firmaların bu tür çalışmaları durma noktasına gelir ve alınan resmi önlemler ve düzenlemeler ile ilaç sanayisi bitkilerinin ve her türlü transgenik bitkinin tarım alanlarında yetiştirilmesi konusunda sıkı kurallar uygulamaya girer.

İlaç üreten bitkileri tarım alanlarında yetiştirmek için gerekli tüm izinlerin alınmasıyla da iş bitmiyor. Bir sonraki aşama daha da zorlayıcı. İlacın ya da aşının resmi olarak kullanımının onaylanmasından önce yapılması gereken işlemler var. Bitkilerden elde edilen ve tedavi edici özelliğe sahip olduğu düşünülen maddelerin gerçekten etkili ve aynı zamanda güvenli olup olmadığını kontrol etmek için yapılması gereken klinik çalışmaları çok yavaş ilerleyen ve maliyeti çok yüksek olan bir süreç. Hele bir de üretilen madde yeni bir yöntem denenerek elde edilmişse bu süreç daha da zor hale geliyor.



thinkstock

Bitkilerden İlaç Üretiminde Kestirme Yol: Kısa Süreli Gen İfade Sistemi

Bitki genetik mühendisliği yöntemleriyle genetiği değiştirilmiş bitkilerden tedavi edici ürünlerin elde edilmesi gerçekten yıllarca süren araştırmalar yapılmasını gerektiriyor. Ama gelişen teknoloji sayesinde günümüzde artık bu tür maddeler sadece birkaç hafta içinde "kısa süreli gen ifadesi" yöntemiyle elde edilebiliyor. Elde edilmek istenen proteini kodlayan genetik şifreyi yani DNA'yı taşıyan *Agrobacterium* bakterisinin hücreleri bitkilerin yapraklarına aşılanıyor. Bu şekilde DNA parçaları bitki hücrelerine taşınmış oluyor. Elde edilmek istenen protein bitki hücrelerinde sentezleniyor. Birkaç hafta sonra proteinler özütleme yöntemi ile yapraklardan elde ediliyor. Geniş çaplı üretim için bu işlem otomatik hale getirilebiliyor. Aşılanan yaprakların hücrelerindeki protein üretimi zaman içinde giderek yavaşlıyor ve birkaç hafta içinde duruyor. Bu nedenle eklenen DNA'nın bitki hücresinin genomuyla birleşmesi olasılığı hayli zayıf. Yabancı DNA zamanla parçalanıp yok oluyor, ama bu sürece kadar istenen protein çoktan elde edilmiş oluyor. Uzmanlar bitki virüslerini kullanarak üretilen proteinin miktarını da artırmayı başarmış. Örneğin Kanadada bulunan Medicago firması bu şekilde grip aşısı üretiyor. ABD ordusunun kuş gribi aşısı üretimi için ödeme yaptığı Medicago firması, bitki hücrelerini kullanarak 1 ayda tam 10 milyon doz aşı elde edebiliyor.

Bu yöntemde tarlalarda transgenik bitkiler yetiştirmek yerine kapalı alanlarda, dev varillerde istenen genetik şifreyi taşıyan bitki hücreleri üretiliyor. Çok kısa sürede çok miktarda bitki hücresi elde edilebiliyor. Tıpkı ilaç sanayisinde kullanılan hayvan hücrelerinin üretilmesi gibi. Ama bitki hücreleri kullanmak hayvan hücreleri kullanmaktan hem daha ekonomik hem de süre açısından daha verimli. İnsanlarda hastalık yapan viral veya başka etmenleri taşıma ve bulaştırma riski de ortadan kalkıyor. Hücreler korunaklı, izole edilmiş kapalı alanlarda yetiştirildiği ve hiçbir şekilde tohum ya da polen üretimi olmadığı için eklenen genlerin tarım arazilerinde yetiştirilen kültür bitkilerine ve yabani doğal türlere bulaşması söz konusu değil. Bu durumda ne üreticinin ne de tüketicinin endişe duymasına gerek kalmıyor.



Dört Ayaklı İlaç Fabrikaları: Transgenik ve Klonlanmış Hayvanlar

Tıbbi açıdan önemli bir proteini kodlayan insan genini bir hayvan genomuna yerleştirmek günümüzde artık mümkün. Bu amaçla kullanılan çekirdek, gen transferi yöntemi özellikle çok başarılı sonuçlar veriyor. Erişkin bir canlının genetik benzerlerinin oluşturulması anlamına gelen klonlama ile hem hayvancılık alanında hem de insan sağlığını ilgilendiren konularda ulaşılabilecek birçok önemli hedef var. Klonlanan hayvanlardan insan sağlığı için yararlı ürünler elde edilebilir. Burada amaç transgenik hayvanlar üretmek. Transgenik hayvanların genomlarında kodlanan proteinler hayvanların sütlerinde, dokularında, yumurtalarında ya da kanlarında üretiliyor. Örneğin protein karakterindeki ilaç ve ilaç benzeri maddeleri üretecek geni taşıyan koyunun sütünden, ilaca dönüştürülebilecek proteinler elde edilerek ilaç sanayisinde kullanılıyor. Ancak klonlanan hayvanların sağlıklı bir şekilde üreyebilmesi, ilaç yapımı ve organ nakli gibi geniş bir alanda kullanılması planlanan klonlama çalışmalarının geleceği açısından büyük önem taşıyor.

İlk klon koyun Dolly'den çok önce 1990 yılında Tracy isimli bir koyun dünyaya geldi. Tracy'yi diğer koyunlardan ayıran özellik, sütünde alpha-1-antitrypsin (AAT) adı verilen bir enzimin salgılanmasıydı. Bazı akciğer hastalıklarının tedavisinde kullanılan bu enzim normalde insan kan plazmasından elde ediliyor. Bu yöntem hem pahalı hem de hastalık taşıma riski var. Wilmut ve Campbell, AAT enziminin genetik kodunu Tracy'ye aktardı; Tracy klon değildi, gen aktarımı yapılmış transgenik bir koyundu. Tracy büyüdükten sonra sütünün her litresinde yaklaşık 40 gram AAT salgılamaya başladı. Niçin insülin gibi AAT enzimi de mikroorganizmalardan yararlanarak daha kolay bir şekilde üretilmedi de bir koyun seçildi? Çünkü mikroorganizmaların protein üretiminde kullanılmasının da bazı sınırları var. Mesela AAT gibi bazı proteinlerin etkin hale gelmesi için üretimleri sonrasında bazı kimyasal değişikliklerin yapılması gerekiyor. Ancak mikroorganizmalar bu işlemleri gerçekleştirecek sistemden yoksun. Bu tür proteinler için mikroorganizmalar yerine hayvanların "biyoreaktör" olarak kullanılması gündeme geldi ve bunun ilk örneklerinden biri de Tracy oldu. Tracy'den sonra, Tracy'nin yavrularının sütlerinde de protein salgılanması ve böylece sürekli üretim yapılması planlanıyordu. Ancak bir problem vardı. Tracy'den dünyaya gelen kuzular protein üretiminde anneleri kadar verimli değildi. Ama buna da bir çare düşünüldü. Tracy'yi genetik olarak kopyalayarak çoğaltmak yani klonlamak ve yüksek verimde AAT üreten bir grup oluşturmak. Daha sonra bunları kendi aralarında doğal yollardan çoğaltarak üretimin sürekliliğini sağlamak. Yani klonlama çalışmalarına başlanmasının bir sebebi sadece et ve süt kalitesi yüksek zirai hayvanların kopyalanarak çoğaltılması değil, aynı zamanda ilaç fabrikalarına dönüştürülmüş koyunların çoğaltılabilmesiydi.



VICTOR HABBICK VISIONS / Science Photo Library / Getty Images Türkiye

İlaçların Elde Edildiği Kaynaklar

Bugün kullanılan ilaçların pek çoğu sentetik yollardan elde ediliyor. Tıpta kullanılan ilk sentetik ilaçların eter ve azot protokolit olduğu biliniyor. Daha sonra kimya alanındaki gelişmeler ilerledikçe birçok ilaç sentez yoluyla üretilmeye başlanmış.

a- Birçok bitkinin özsuyu, yaprağı, kökü, meyvesi, kabuğu, çekirdeği, tohumu, yağı ilaç yapımında kullanılır. Bitkisel kaynaklardan elde edilen en önemli etken maddeler alkaloitler ve glikozoidlerdir.

b- Hayvansal kaynaklı ilaçlar ise hayvanların hormonları, serumları ve enzimlerinden elde edilir.

c- Mikroorganizmalar genellikle antibiyotiklerin üretilmesinde kullanılır. Örneğin penisilin *Penicillium notatum* isimli küf mantarından elde edilir.

d- İnorganik maddeler, özellikle kükürt, kalsiyum, iyot, demir, alüminyum, magnezyum ve amonyum bileşikleri birtakım tedavilerde kullanılır.

e- Sentetik maddeler ise doğal kaynaklı ilaçların daha bol ve ucuz olarak elde edilmesi ve ilaçların yan etkilerinin azaltılması amacıyla laboratuvar ortamında sentez yoluyla elde edilen sülfonamidler, bazı hormonlar, eter, yarı sentetik penisilinler gibi ilaçlardır.

f- Radyoaktif izotoplar, hastalıkların teşhis ve tedavisinde, tıbbi araştırmalarda kullanılır.

g- DNA rekombinasyonu yönteminde ise insan veya hayvan organizmasında belirli bir maddeyi sentezleyen hücrelerden alınan DNA molekülü, çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra kolay üreyen bir mikroorganizmanın sitoplazması içine yerleştirilir. Burada istenen maddenin üretilmesi sağlanır. Bu teknik ile aşılarda, insülin, büyüme hormonu ve interferon gibi maddeler üretilir.

Peki neden tedavi edici etkiye sahip bu proteinlerin özellikle hayvanların sütlerinde üretilmesi isteniyor? Öncelikle proteinlerin fazla miktarlarda sentezlenmesi ancak bu şekilde mümkün oluyor. Ayrıca süt bezleri ve süt, hayvanın önemli yaşam destek sistemlerinin bir parçası değil. Bu nedenle tıbbi proteinleri üreten transgenik hayvan için hayati bir tehlike söz konusu olmuyor. Buradaki asıl çözülmesi gereken mesele, transgenin sadece sütte ifade edilmesini sağlamak. Bunun için de uzmanlar, proteini kodlayan geni "promoter" denilen bir DNA sinyaliyle birleştiriyor. Bu da sadece süt bezlerinde süt üretilirken etkin hale geliyor.

Transgenik hayvanlar kullanılarak elde edilen ve test aşamasında olan ilaçlara örnek verecek olursak, kanda pıhtı atmasını önleyici antitrombin III ve doku plasminojen etkinleştirici, kronik kansızlık için eritropoetin, hemofili kan hastalığı (pıhtılaşma yeteneğinin olmaması) için kan pıhtılaşma faktör proteinleri VIII ve IX, akciğer kistik fibrozis ve anfizem (doku ve organlar arasında hava kalması) için alfa-1-antitripsin.

Günümüzde en güncel teknikler kullanılmasına rağmen transgenik klon hayvanlar elde etmenin birtakım zorlukları var. En başta tüm bu çalışmalar yüksek bütçe gerektiren araştırmalar. Araştırmanın büyüklüğüne göre maliyet 20 bin dolarla 300 bin dolar arasında değişiyor. Her transgenik hayvan, proteini yeterli miktarlarda üretemeyebilir ya da proteinler yanlış dokularda üretilebilir. İstenen proteini yeterli miktarda ve doğru dokuda üreten transgenik hayvanın yavrusunun da aynı işlemi yapması beklenir. Bu gerçekleştirildiğinde başarıya ulaşılmış olur.

Umut Veren Çalışmalar Sonucu Ticari Kullanımı Onaylananlar

Bitkiler ve hayvanlar tarafından biyolojik olarak sentezlenmiş ilaçların, aşıların ve hormonların ticarileşmesi ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmasından önce tüm klinik testlerden olumlu sonuçlar alınması gerekiyor. Yani bu ilaçların piyasaya sürülmesi o kadar da kolay değil. Ama gene de tüm zorluklara rağmen ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından 2009 ve 2012 yıllarında kullanılması resmi olarak onaylanmış olan, bir tanesi hayvan diğeri ise bitki kaynaklı, iki adet biyolojik ilaç piyasadaki yerini aldı.

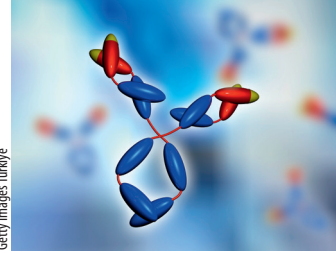
Bir İsrail firması olan Protalix'in dev ilaç firması Pfizer lisansıyla, gerekli genetik şifreyi taşıyan havuç bitkisi hücrelerinden elde ettiği Elelyso isimli ilk resmi onaylı bitkisel ilaç, önemli bir genetik rahatsızlık olan Gaucher hastalığının tedavisinde başarıyla kullanılı-

yor. Gaucher hastalığı, lizozomların (hücrenin sindirim görevini üstlenen, hücre içi fazla ve zararlı yapıları ortadan kaldıran, yuvarlak, zarla çevrili, içinde eritici enzimler olan organeller) taliglukeraz alfa enziminin eksikliğinden dolayı görevini yapamaması nedeniyle, hayati öneme sahip vücut organlarında yağ birikmesi sonucu oluşur. Turuncu renkli havuç hücrelerinin dev plastik varillerde sentezlediği tedavi edici bu proteinin hasta başına yıllık maliyeti 150 bin dolar kadar.

FDA tarafından onaylanan ilk transgenik hayvan ilacı ise ATryn isimli bir pıhtı önleyici protein. ATryn, insanlarda fibrinojeni fibrine çeviren trombin enziminin eksikliğinde meydana gelen kalıtsal kan hastalığının tedavisinde kullanılıyor. Bu tür hastaların ameliyat veya doğum sırasında pıhtı atma riski yüksek. Avrupa Birliği tarafından 2006 yılında, ABD'de ise 2009 yılında kullanımı onaylanan bu ilacın etken maddesi olan protein, transgenik keçilerin sütünden elde ediliyor.



thinkstock



PASIKA / Science Photo Library / Getty Images Türkiye

Duruma bakılırsa, zorlayıcı tüm teknik, ekonomik, sosyal, politik, etik ve hukuksal yönlerine rağmen üretimlerine başarıyla devam eden moleküler farmasötik çiftlikler artık hayal değil gerçek oluyor. Ancak aşıların ve ilaçların bu yolla üretimi açık tarım alanları yerine kapalı özel tesislerde olacağı benziyor. Eğer her şey yolunda gider, bir de ilaçların fiyatları herkesin bütçesine hitap edecek şekilde düşerse, işte o zaman belki de tedavi edici proteinler içeren mısır, domates ya da muz yediğimizde birtakım hastalıkların tedavi süreci başlayacak. Antikor içeren diş macunu ile dişlerimizi fırçaladığımızda dişlerimiz çürümeyecek. Ya da bir bardak süt içtiklerinde çocuklar boğmaca, hepatit veya çocuk felci gibi hastalıklara karşı aşılanmış ve korunmuş olabilecek. Mümkün müdür? Yapılan çalışmalara ve alınan ümitvar sonuçlara göre mümkün, hem de çok yakın bir gelecekte.



thinkstock

Kaynaklar

- <http://www.nature.com/nbt/journal/v27/n4/full/nbt0409-302.html>
- <http://bfg.oxfordjournals.org/content/1/2/119.full.pdf>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Pharming_%28genetics%29
- <http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/00307.html>
- <http://jcmh.halic.edu.tr/pdf/4-2/Molecular.pdf>
- <http://the-gist.org/2011/03/molecular-farming-%E2%80%93-how-plants-produce-the-vaccines-of-tomorrow/>
- http://www.salon.com/2008/06/11/transgenic_goats/
- <http://biotech.korea.ac.kr/lab/jsshin/class/molecularfarming.pdf>
- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975010001448>
- <http://in.zinio.com/sitemap/ScienceTech-magazines/New-Scientist/June-2-2012/cat1960026/is-416224840/pg-51>