

# Geçmişten Günümüze Biyoteknoloji

## Biotechnology from the Past to the Present

 Hilal KOÇDOR<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi  
Onkoloji Enstitüsü,  
Temel Onkoloji ABD,  
İzmir, Türkiye

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Hilal KOÇDOR  
Dokuz Eylül Üniversitesi  
Onkoloji Enstitüsü,  
Temel Onkoloji ABD,  
İzmir, Türkiye  
hilal.kocdor@deu.edu.tr

**ÖZET** Bu yazıda geçmişten günümüze biyoteknolojinin serüvenine kısa bakış yapılmıştır. Biyoteknolojinin en önemli kollarından birisi sağlık biyoteknolojisidir. Uygulama alanları; terapötik proteinler, aşılarda, antibiyotikler, kök hücre ve doku mühendisliği uygulamaları, moleküler tanı kitleri, gen terapisi, rejeneratif tedaviler, kişiye özel tedavi yöntemleri ve kontrollü ilaç salınım sistemleri olarak sıralanabilir. Bilime ve biyoteknolojiye verilen önemin artması, yatırımların çoğalması ve bunların sonucu olarak ürüne dönüştürülen Ar-Ge çalışmalarının gerçekleşmesi ile sağlık hizmetlerinde artan ihtiyacın giderilmesi mümkün olabilecektir. Yazı içeriğinde sağlık biyoteknolojisi ile ilgili güncel tanım ve kariyer trendlerine yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoteknoloji; biyoteknoloji uygulama alanları; sağlık biyoteknolojisi; sağlık biyoteknolojisinde kariyer trendleri

**ABSTRACT** In this article, a brief overview of the adventure of biotechnology from past to present is given. One of the most important branches of biotechnology is health biotechnology. Scope of application; therapeutic proteins, vaccines, antibiotics, stem cell and tissue engineering applications, molecular diagnostic kits, gene therapy, regenerative treatments, personalized treatment methods and controlled drug release systems. With the increase in the importance given to science and biotechnology, the increase in investments and the realization of R&D studies that can turn into products as a result of these, it will be possible to meet the increasing need in health services. The content of the article includes current definitions and career trends related to health biotechnology.

**Keywords:** Biotechnology; biotechnology application areas; health biotechnology; career trends in health biotechnology

### BİYOTEKNOLOJİ NEDİR?

Organizmalarda bulunan biyolojik sistemlerin veya canlı organizmaların, teknolojik ilerlemeler sağlamak ve bu teknolojileri çeşitli alanlara uyarlamak için kullanılmasına, biyoteknoloji diyoruz. Biyoteknoloji uygulamaları, tarımdan tıp sektörüne kadar birçok alanı içerir (Şekil 1). Sadece canlıyı ilgilendiren alanlardaki uygulamaları değil, bir organizma ile ilgili elde edilen bilgilerin uygulanabileceği diğer alanları da kapsar. Biyoteknoloji, özellikle küçük ve kimyasal araçların geliştirilmesi söz konusu olduğunda hayati önem taşır.

Biyoteknoloji, biyolojiye dayalı bir teknolojidir. Yaşamlarımızı ve gezegenimizin sağlığını iyileştirmeye yardımcı olan teknolojiler ve ürünler geliştirmek için hücresel ve biyomoleküler süreçleri kullanır. Bunun en eski örneklerinden biri; insanlığın, 6.000 yıldan fazla bir süredir ekme ve peynir gibi faydalı gıda ürünleri yapması ve süt ürünlerini korumak için mikroorganizmaların biyolojik işlevlerini kullanmasıdır.

#### KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN:

Koçdor H. Geçmişten günümüze biyoteknoloji. Koçdor H, Pabuççuoğlu A, Zihnioğlu F, Sağın F, editörler. Sağlık Biyoteknolojisi. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2022. p.1-10.

### **Bugün tanımladığımız noktaya gelene kadar biyoteknolojinin geçtiği yollar üç aşamada özetlenebilir:**

**1. Antik Biyoteknoloji:** 1800'lü yılların öncesini kapsayan bu süreçte en temel güdü ihtiyacı.<sup>1</sup> Her yeni ihtiyaç yapılan gözlem ve keşiflerin sonucu olarak bir icat doğurdu. Bu dönemde insanlar yemek, barınma, giyinme gibi ihtiyaçlarını doğayı gözlemleyerek doğadan karşıladılar. Bu gözlem süreci onları uzun süreli koruyabilecekleri çözümlere ya da daha ehil şekilde elde edebilecekleri yollara yani “tarım” a götürdü. Böylece tohumu ve tohumun büyüme evreleri keşfettiler. Her keşif onlara yeni bir yol gösterdi. Bir süre sonra yiyeceklerini topraktan karşılayacağını gören insanoğlu hayvanları evcilleştirmeye ve onların et dışındaki ürünlerini kullanmaya yöneltti. Toprakta ve hayvandan elde ettikleri ürünleri uzun süreli muhafaza etme ihtiyacı ise yeni icatların ve çözümlerin geliştirilmesine yol açtı.

Toprağı ve hayvanı kendisine fayda sağlayacak şekilde işlemeyi öğrenen ve elde ettiklerini korumayı da başaran insanoğlunun önünde açılan yeni kapının adı “dönüştürmek”ti. Sütü; peynire, yoğurda dönüştürmek için yeni gözlemler ve keşifler yapmış oldular. Öyle ki farkında olmadan maya ve mayalama kavramlarının da temelini attılar. Bu sayede bilinen ilk biyoteknolojik ürün peynir oldu. Mayanın keşfi ile ekmek, sirke, çeşitli alkollü içeceklerin yapımının da önü açılmış oldu. Sirkenin antimikrobiyal ve gıda koruyucu etkilerinden, o zamanlarda faydalanılmaya başlandı.<sup>1,2</sup> Bu denklemdeki en önemli eksik, yaptıkları bu işlemin fermantasyon olduğundan habersiz olmalarıydı. Bu doğrudan gözlemlere bilimsel gözlem ve gerçeklerin eklenmesiyle birlikte antik biyoteknoloji, yeni bir aşamaya geçmiş oldu.

**2. Klasik Biyoteknoloji:** 1800'lü yıllardan 1900'lü yılların ortalarına kadar olan süreçte klasik biyoteknolojiden bahsetmek mümkündür.<sup>1</sup> Antik biyoteknolojiden farklı olarak “bilimsel gözlemlerin” devreye girdiği bu aşamada antik çağda farkında olmadan sağlanan faydalara ilişkin mantıksal açıklamalar yapılmıştır. Bu dönemde ilk olarak biyoteknolojinin temeli sayılabilecek genetik bilgi transferi ile ilgili keşifler gerçekleşti. Bitkilerde yaptığı deneylerle nesilden nesile aktarılabilen ve hatta görünüme yani fenotipe de yansıyan faktörlerden bahseden Gregor John Mendel keşiflerini ortaya koydu.<sup>2,3</sup> Bu keşifle neredeyse aynı zamanlarda Robert Brown tarafından hücre çekirdeği tanımlandı. Bunları takiben gelen nükleik asit ekstraksiyonu ise DNA'nın keşfine giden ve modern biyoteknolojinin kapısını aralayan ön keşifler oldu. 1881'de Alman doktor Robert Koch, patates dilimleri üzerinde bakteri kolonilerinin büyüdüğünü göstererek ilk katı besi ortamını ta-

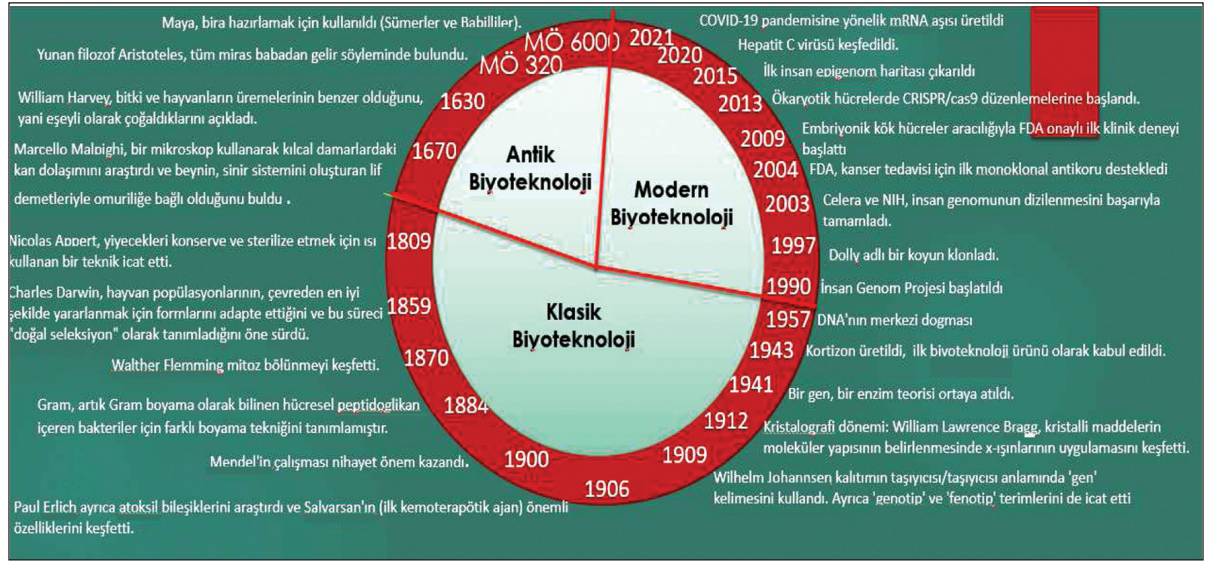
nımlamış oldu. Benzer şekilde, karısının evde jöle yapmasından esinlenen ve bunu gözlemleyen bir başka araştırmacı tarafından agar agar keşfedildi. 1888'de bir başka Alman bilim adamı Heinrich Wilhelm Gottfried Von Waldeyer-Hartz, kromozom terimini ortaya attı ve böylece DNA ile ilgili keşiflere bir yenisi eklenmiş oldu. Yine İngiliz Edward Jenner tarafından çiçek hastalığına karşı geliştirilen aşı ile Louis Pasteur tarafından kuduza karşı geliştirilen aşı da bu döneme denk gelir.<sup>1</sup>












DNA ile ilgili keşiflerin devamında kalıtım ve genetik ile ilgili ortaya konan gerçekler ile gen, genotip, fenotip gibi kavramlar tanımlanmaya başlandı. Bu bir yandan olumlu bir gelişme iken kalıtımla ilgili gerçekler “öjenik hareketlerin” de önünü açtı ve 1924'te ABD Göç Yasası, Güney ve Doğu'dan gelen göçmen akımlarını kısıtlamak için elde edilen bu yeni bilgileri kullandı.<sup>4</sup>

İngiliz Doktor Alexander Fleming, bir mikroorganizmanın başka bir mikroorganizmayı öldürmek için kullanılabileceğini gözlemledi ve antibiyotikleri keşfetmiş oldu. Fleming, bir petri kabında küf büyüdüğünde bakterilerin öldüğünü gözlemledi ve birçok bulaşıcı hastalıkta kullanılabilecek *Penicillium notatum* küfünden elde edilen antibakteriyel toksin, penisilini keşfetti.<sup>1,2</sup> Bu, insanların yaşam süresini uzatacak çok değerli bir keşifti. Aşıların ve antibiyotiklerin önemi ilk olarak klasik biyoteknoloji döneminde ortaya konuldu.

**3. Modern Biyoteknoloji:** İkinci Dünya Savaşı ile her alanda aksayan düzen, bilimde de etkilerini gösterdi ve hız kazanan biyoteknolojik gelişmeler, duraklamaya geçti. Ancak savaşın sona ermesinin ardından Rosalind Franklin'in çalışmalarının da katkılarıyla 1953'te Watson ve Crick, ilk kez, “Çift Sarmal DNA Modeli”ni ortaya attılar (Tablo 1).<sup>5</sup> Bu model DNA'nın açıklanamayan gizemini aydınlatmış oldu. DNA ile ilgili ortadan kalkan soru işaretlerinin yerini, tanımlanan yeni kavramlar aldı. Bu arada ayrıca hastalıkların tanısında yol gösterecek devrim niteliğinde başka gelişmeler de yaşandı ve ilk monoklonal antikorlar üretildi.

Organizmada gerçekleşen olaylar yeni tekniklerin geliştirilmesiyle “deney tüplerinde taklit edilebilir” hale geldiler. Böylece tüpte gerçekleştirilebilen DNA sentezi, yeni tanımlanan Polimeraz Zincir Reaksiyonu ile daha hızlı ve çoklu hale geldi.<sup>6</sup> Bununla birlikte bilim adamları, yabancı bir DNA'yı başka bir konakçıya transfer ettiler ve bunun nesiller boyunca transferini izleyebildiler. HIV virüsünün neden olduğu AIDS'in ölümcül bir hastalık olarak ortaya çıkmasıyla yeni keşifler ve teknolojilerin geliştirilmesi için çalışmalar yapıldı. İlk klonlanan hayvan, koyun oldu ve adına “Dolly” denildi. İnsan Genom Projesi

ŞEKİL 1: Ana hatları ile biyoteknolojinin tarihçesi.<sup>7,8</sup>TABLO 1: Son yüzyıldaki başlıca biyoteknoloji gelişmeleri.<sup>7,8</sup>

Yıl 2020		Biyoteknoloji yenilikleri, şiddetli akut solunum sendromu-koronavirüs-2 (SARS-CoV-2) pandemisine karşı mücadeleye öncülük etti.
2013 yılı		ABD'de üretilen ilk biyonyik göz , dünya çapındaki kör insanlara umut verdi.
Yıl 2010		J.Craig Ventere Enstitüsü'nden bir grup araştırmacı ilk sentetik hücreyi yarattı.
Yıl 1998		30.000'den fazla genin yerini tespit eden bir insan genom haritası taslağı oluşturuldu.
Yıl 1997		Bilim adamları, dünyaya ilk memeli klonu olan koyun Dolly'yi tanıttı.
Yıl 1983		İlk genetiği değiştirilmiş (transgenik) bitki sunuldu.
Yıl 1969		Tarihte ilk kez bir enzim in vitro sentezlendi.
Yıl 1953		Biyologlar James Watson ve Francis Crick , DNA'nın çift sarmalını tanımladılar.
Yıl 1943		Kanadalı bilim adamı Oswald Theodore Avery, DNA'nın genlerin taşıyıcısı olduğunu keşfetti.
Yıl 1928		İskoç bakteriyolog Alexander Fleming , penisilinin antibiyotik kullanımını keşfetti.
Yıl 1919		Macar agronomist Karl Ereky, biyoteknoloji terimini ilk kez kullandı.

ile doğru bilinen bazı gerçekler çürütülürken yepyeni kapılar açıldı.<sup>1</sup> Her yeni biyoteknolojik gelişme insanoğlunun yaşam kalitesini artırırken bir taraftan da kötü niyetli kişilerin elinde insanlığın geleceğine dair endişelerin artmasına da yol açtı.

## BİYOTEKNOLOJİNİN UYGULAMA ALANLARI

Biyoteknoloji, uygulama alanlarına göre 4 ana sınıfa incelenebilir:<sup>9,10</sup>

### TIBBİ BİYOTEKNOLOJİ

İnsan sağlığını iyileştirmek için canlı hücrelerin ve diğer hücre malzemelerinin kullanılmasıdır. Hastalıkların önlenmesinde, teşhisinde ve tedavisinde biyoteknolojik araç ve tekniklerden yararlanılır.

#### *Teknik;*

- İnsan sağlığını korumak için, bakterilerin, bitki ve hayvan hücrelerinin incelenmesini, patojenleri ve insan hücre biyolojisinin öncelikle temel düzeyde nasıl işlev gördüklerinin anlaşılması, ve farklı veya daha verimli yollar bulmaya yönelik araştırmalar için bu araçların kullanımını kapsar.

- Farmasötik ilaçların yanı sıra hastalıklarla mücadelede diğer kimyasalları üretmek için kullanılır.

- İnsülin üretimi gibi insanlara yararlı olabilecek faydalı ürünlerin özelliklerini artırmak için hücrelerin genetik yapısının nasıl manipüle edileceğini öğrenmeyi içerir.

- İnsan genetiği aracılığıyla biyoteknoloji; genetik danışmanlık, doğum öncesi tanı ve gen tedavisinde kullanım potansiyellerinin geliştirilmesine olanak sağlar.

Tıbbi biyoteknoloji, genellikle alana özgü yeni ilaç ve tedavilerin geliştirilmesine yol açar. Ülkemizle ilgili mevcut durum konuyla ilgili olarak ilgili bilimsel toplantılarda ortaya konmuştur.<sup>11</sup>

#### *Tıbbi Biyoteknoloji Örnekleri*

##### *Aşılar*

Patojenlerle daha iyi savaşmak için vücudun bağışıklık sistemini uyaran kimyasallardır. Genellikle hastalık etkeninin zayıflatılmış versiyonlarının, vücudun kan dolaşımına sokularak etki göstermesi esasına göre hazırlanırlar.

Zayıflatılmış hastalık patojenleri ya da genetiğiyle oynanmış ekinlerde de antijenik proteinlerin yetiştirilmesi gibi biyoteknolojik teknikler kullanılarak, ekstreler elde edilir. Bunlara bir örnek; 2008 yılından beri çalışılmakta olan, genetiğiyle oynanmış tütün bitkilerinin kullanılarak

bir anti-lenfoma (Non Hodgkin Lenfoma) aşısının geliştirilmesidir.<sup>12</sup>

#### *Antibiyotikler*

İnsanlar için patojenlerle savaşan antibiyotiklerin geliştirilmesinde son yıllarda yeni adımlar atılmıştır. Birçok bitki, genetik olarak değiştirilir ve antikorlar üretmek için yetiştirilir. Biyoteknolojik yöntemlerle bitkiler bu antikorları daha büyük miktarlarda üretebildiğinden, hücreleri kullanılmaktan veya bu antikorları hayvanlardan elde etmekten daha uygun maliyetlidir.

USD MIT Tıp Mühendisliği ve Bilim Enstitüsü'nde, Termeer Tıp Mühendisliği ve Bilim Profesörü James Collins ve çalışma arkadaşlarının “yeni antibiyotik ilaçların keşfi için yapay zekanın gücünden yararlanarak” geliştirdikleri platform sayesinde; ilaçların bakterileri öldürmesini sağlayan kimyasal yapılar hakkında öğrenilenlere dayanarak yeni ilaçlar tasarlanmasının da yolunun açılacağı öngörmek mümkün olmuştur.<sup>13</sup>

### TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ

Mahsul verimini artırmak veya bitki üzerinde bir tür stres faktörü, yani hava ve zararlılar olan bölgelerde, büyümeleri için onlara avantaj sağlayan özellikler kazandırmak için genetiği değiştirilmiş bitkiler geliştirmeye odaklanır.

Bitki ve Hayvan Yetiştiriciliği; (Seçici Yetiştirme): Hayvanlar arasından farklı özellikler seçilir ve genetik belirteçler belirlendikten sonra bu özelliklere sahip hayvanlar ve bitkiler seçilir ve bu özelliklerin aktarılması için yetiştirilir.

Bu tür bilgiler, bilim adamlarının bu genlerin ifadesini tahmin etme yeteneğini artıran bilinçli kararlar vermek için temel sağlar. Bir örnek; renk ve koku gücü gibi özelliklerin geliştirildiği çiçek üretiminde kullanılmasıdır.

### ENDÜSTRİYEL BİYOTEKNOLOJİ

Hücrel yapıların üretiminden çeşitli kullanımlar için biyolojik elementlerin üretimine kadar uzanan biyoteknoloji uygulamasıdır. Modern moleküler biyoloji tekniklerini uygulayarak verimliliği artırır.

Gıda, yem, kimyasallar, deterjanlar, kâğıt ve kağıt hamuru, tekstil, biyoyakıt ve biyogaz gibi endüstriyel olarak yararlı ürünler üretmek için; mikroorganizmalar gibi hücrelerin veya enzimler gibi hücre bileşenlerinin kullanılması uygulamalarını içerir. İçinde bulunduğumuz on yılda, endüstriyel biyoteknolojinin uygulama çeşitliliğini ve ekonomik uygulanabilirliğini artıran genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO'lar) yaratılmasında önemli ilerleme



kaydedilmiştir. Ayrıca, çeşitli kimyasallar ve yakıtlar üretmek için yenilenebilir hammaddeler kullanılarak ve petrokimya temelli bir ekonomiden uzaklaşarak sera gazı emisyonlarını düşürmeye yönelik aktif bir ilerlemeyi de artık yaşantımıza sokuyoruz.

### **Endüstriyel Biyoteknoloji Örnekleri:**

**Biyokatalizörler;** Enzimlerin biyoteknolojik teknikler kullanılarak (örn; fermentasyon, rekombinant DNA teknolojisi vb) ticari miktarlarda üretilmesini kapsar.

**Fermentasyon;** Mısır gibi bazı bitkiler, çeşitli sekonder metabolitleri üretmek için kullanılabilir.

**Mikroorganizmalar;** Yeni plastiklerin/tekstillere tasarımı, üretimi ve biyoyakıtlar gibi yeni sürdürülebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi için kimyasal üretimde kullanımlarını kapsar.

## **ÇEVRESEL BİYOTEKNOLOJİ**

Çevresel biyoteknoloji, atık arıtma ve kirliliği önlemede kullanılan, birçok atığı geleneksel yöntemlere göre daha verimli bir şekilde temizleyebilen ve karada bertaraf yöntemlerine olan bağımlılığımızı önemli ölçüde azaltan teknolojidir.

Çevre mühendisleri, bir atık sahasında toprakta zaten var olan bakterilerin aktivitesini uyarmak veya toprağa yeni bakteriler eklemek için besin maddeleri sunar. Bakteriler, atığın yerinde sindirilmesine yardımcı olur ve böylece onu zararsız yan ürünlere dönüştürür. Atık maddeleri tükettikten sonra bakteriler ya ölür ya da ortamdaki normal popülasyon seviyelerine geri döner. Kirlilik ile savaşan mikroorganizmaların yan ürünlerinin de yararlı olduğu durumlar vardır.

### **Çevresel Biyoteknoloji Örnekleri:**

**Biyoremediasyon;** Sadece bazı endüstriyel ve gıda atıkları bileşenlerini ön işleme tabi tutmakla kalmayıp aynı zamanda katı atık bertaraf mekanizmalarını kullanmadan kanalizasyon sistemi yoluyla etkin bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlayacak enzim biyoreaktörlerinin geliştirilmesine yardımcı olan biyoteknolojik yöntemlerin uygulanması anlamına gelir.

### **Biyoteknolojinin Uygulamalarına Güncel Örnekler;**

**1. Besin Takviyesi;** Bu uygulamanın bir örneği, pirincin beta-karoten ile aşılandığı Altın Pirinç üretimidir. Pirinç, vücudun hızla sentezleyebildiği A vitaminine sahiptir.

**2. Abiyotik Stres Direnci;** Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte, az alanda mümkün olduğunca çok gıda üret-

mek için mevcut gıda kaynaklarının, etkili olmasına ihtiyaç vardır. Yeryüzünde ekilebilir çok az arazi olduğunu düşünürsek-yaklaşık %20 civarında- dünyanın daha az ekilebilir bölgelerinden yararlanabilmek için ekinlerin yetiştirilmesine de ihtiyaç olduğu sonucunu kolayca çıkarabiliriz. Bu da tuzluluk, kuraklık ve soğuktan kaynaklanan don gibi “abiyotik stresler ile baş edebilecek” mahsullerin geliştirilmesine ihtiyaç olduğu anlamına gelir. Uygulama, Afrika ve Orta Doğu’da, hüküm süren sert iklimlere dayanabilecek mahsullerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamıştır.

**3. Mukavemet Elyafları;** Zırh, sağlam halat yapımı, yanmayan koruyucu giysi yapımında kullanılabilir, elektrik iletkenliği düşük, ince iplikli yapıda malzemelerin üretimi de biyoteknolojinin uygulandığı güncel alanlardır.

Kevlar bu amaçla kullanılan, hafif karbon kökenli çok sağlam liflerden oluşan bir malzemedir. 1965 yılında icat edilmiş, patentlenmiş ticari bir markadır. Günümüzde en güçlü çekme mukavemetine sahip malzemelerden birinin de **örümcek ağları** nın olduğu bulunmuştur. Aynı kesit genişliğine sahip diğer malzemeler arasında, örümcek ağları kırılmadan önce çelikten bile daha fazla gerilim kuvveti alabilir. İpek, Kevlar’dan daha güçlü olduğu için kullanıma adaydır. Kimyasal sentez yolu kullanılarak ölçeklenebilir süper dayanıklı lifler hazırlamak için genetik olarak değiştirilmiş ipekböceklerinin üretimi başarılıdır.<sup>14,15</sup> Ayrıca ipek ipliklerinin üretimi için örümceklerde bulunan ilgili genlerin keçilere aktarılmasıyla ilgili biyoteknolojik teknikler kullanılmıştır.<sup>16</sup> Bu girişimle, keçilerin örümceklerle kıyasla çok daha rahat işlenmesi ve ipeğin eldesi mümkün olabileceği için üretiminin de kolay olarak yapılması öngörülmektedir.

## **BİYOPYAKITLAR**

Biyoteknolojinin en büyük uygulamalarından biri **enerji üretim sektöründedir**. Biyoteknoloji, araba motorlarını çalıştırmak için yanıcı yakıt üretmek için mısır kullanmak gibi ilerlemelerle bunun gerçekleşmesine izin veriyor. Bu yakıtlar, sera gazı üretmediklerinden çevre için de olumludur.

## **SAĞLIK**

Biyoteknoloji, sağlık sektöründe, saflık endişeleri nedeniyle diğer geleneksel yollarla üretilmesi sorunlu olduğu kanıtlanmış **ilaçların geliştirilmesinde** uygulanmaktadır.

## **GIDA İŞLEME**

Mikrobiyal organizmalar ve türevleri kullanılarak yapılan fermentasyon yöntemi ile veya tadı olmayan koruyucuların

kullanılarak, kolay bozulan hammaddelerin, yenilebilir ve içilebilir, raf ömrü daha uzun yiyecek ve içeceklerle dönüştürüldüğü bir yöntemdir.

#### ATIKLARDAN YAKIT

Biyoremediasyon atıkları uygulamak, jeneratörleri çalıştırmak için biyoyakıtta dönüştürülebilir. Mikroorganizmalar, bitki ve sebze materyallerini biyolojik olarak parçalanabilen plastikler için yapı taşlarına dönüştürmek için gerekli enzimleri üretmeye teşvik edilebilir.

Metan, kâğıt imalat endüstrisinin atık ürünü olan kültür likörünü bozan bir bakteri türünden elde edilebilir. Elde edilen metan, diğer endüstriyel işlemlerde veya yakıt olarak kullanılabilir.

#### EMTİA KİMYASALLARI VE ÖZEL KİMYASALLAR

Bunlar biyoteknoloji uygulamaları kullanılarak üretilebilir. Geleneksel kimyasal sentezde genellikle HCl gibi istenmeyen ürünler kullanılır ve büyük miktarda enerjiye ihtiyaç duyulur. Aynı kimyasalların üretimi, biyokatalizörler kullanılarak daha ekonomik ve daha çevre dostu hale getirilebilir. Örneğin, Polimer dereceli akrilamid.

#### YÜKSEK TEKNOLOJİ TERBİYE KUMAŞLARI

Tekstil materyallerinin (elyaf, iplik, kumaş vb.) niteliklerini, kullanım alanına veya tüketici isteğine göre değiştirmek için uygulanan işlemlerin tümüne tekstil terbiye işlemleri denir. Biyoteknoloji, tekstil endüstrisinde kumaşların ve giysilerin terbiyesi için kullanılmaktadır. Daha sıcak, daha güçlü, kırışmaya ve büzölmeye karşı dirençli olan ve geliştirilmiş boya alımı ve tutma özelliğine sahip, geliştirilmiş emiciliğe sahip pamuk biyoteknolojik olarak üretilebilir.

#### DETERJAN ENZİMLERİ

Bunlar, protein safsızlıklarını gideren ve yıkanan eşyalarda bulunan nişasta, protein ve yağ asitlerini parçalamak için kullanılan modern deterjanların temel bileşenleridir. Proteaz üretimi biyokütle ile sonuçlanır ve bu da faydalı bir yan ürün olan organik bir gübre verir.

#### YARA ÖRTÜLERİ

Yarayı enfeksiyona karşı korumak, kan ve yara sıvısını emmek, yara iyileşmesini sağlamak ve yara üzerine ilaç tedavisi uygulamak için yaraları örtmek amacıyla kullanılan ürünlerdir. Modern yara örtüleri, yarayı örtmekten çok daha fazla fonksiyonlara sahiptir. Biyoteknoloji kullanılarak elde edilen bu örtüler, ayrıca tipik olarak karides ve

yengeç kabuklarından elde edilen bir doğal polisakkarit olan kitosan ile kaplanmış yara pansumanlarının kullanımına da uygulanır.

#### *Biyoteknoloji Dalları, Araştırma ve Geliştirme Alanlarına göre Renkler ile de Sınıflandırılır!*<sup>17</sup>

**Altın Biyoteknoloji (Biyoinformatik)**, hesapsal biyoloji olarak adlandırılır ve biyolojik verilerin analizinin, yanı sıra hızlı organizasyonunu da mümkün kılar.

**Kırmızı Biyoteknoloji (Biofarma)**, tıp ve veterinerlik ürünleri ile ilgilidir. Genetik manipülasyon uygulayarak hastalıkları tedavi etmek için yeni ilaçlar, rejeneratif tedaviler, aşılar, antibiyotikler, moleküler tanı teknikleri ve genetik mühendisliği tekniklerini geliştirmeye yardımcı olmayı hedefler. Biyoteknoloji İnovasyon Örgütü (BIO), alanla ilgili önemli bir kuruluştur.

**Beyaz Biyoteknoloji**, geleneksel olanları kullanarak, yenebilecek daha enerji verimli, daha az kirletici ve düşük kaynak tüketen süreçler ve ürünleri tasarlamak için endüstriyel biyoteknolojiden ilham alır. Biyoyakıtların ve diğer teknolojilerin geliştirilmesi için çalışır.

**Sarı Biyoteknoloji**, bu dal gıda üretimine odaklanmıştır. Örneğin fermantasyon yoluyla şarap, peynir ve bira yapımında biyoteknolojinin kullanımı, yemeklik yağlardaki doymuş yağ asiti seviyelerinin düşürülmesine yönelik araştırmalar yürütür.

**Gri Biyoteknoloji**, ağır metaller, hidrokarbonlar gibi birçok türde maddeyi izole etmek ya da bertaraf etmek için mikroorganizmalar ve bitkilerin kullanılarak, biyolojik çeşitliliğin korunması ve kirleticilerin uzaklaştırılması için çevresel uygulamaları kapsar. Amacı, yukarıda bahsedildiği gibi biyoremediasyon süreçleri yoluyla kirlenmiş doğal ekosistemlerin korunması ve restorasyonudur.

**Yeşil Biyoteknoloji**, yeni tarımsal ilgi alanları, biyopestisitler ve biyogübreler yaratmayı içeren tarıma vurgu yapar. Haşerelerle savaşmak, mahsulleri beslemek ve onları mikroorganizmalara, kuraklık ve don gibi aşırı hava olaylarına karşı güçlendirmek için kullanılmaktadır.

**Mavi Biyoteknoloji**, çok çeşitli sektörlerde potansiyel olarak ürün ve uygulamalar oluşturmak için deniz kaynaklarının kullanımına dayanmaktadır.

**Mor Biyoteknoloji**, biyoteknoloji kapsamındaki hukuk, etik ve felsefi konularla ilgilenir.

**Karanlık Biyoteknoloji**, insanlarda, evcil hayvanlarda, mahsullerde, hastalıklara ve ölüme neden olmak için mikroorganizmalar ya da toksinler kullanan biyoterörizm veya biyolojik silahlar ve biyolojik savaş ile ilişkilidir.

## BİYOTEKNOLOJİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Biyoteknolojinin faydaları somuttur, ancak çevre, sağlık ve etik üzerinde olası olumsuz etkileri konusunda dikkatli olmak da gereklidir.<sup>18</sup>

*Avantajlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.*

■ **Rekombinant DNA gibi teknikler sayesinde CO<sub>2</sub> emisyonlarını %52 azaltır, su kullanımını optimize eder ve atık ve kimyasal süreçleri azaltır.**

■ **Tıbbi tanıyı iyileştirir**, enfeksiyon oranlarını azaltır, ilaçların yan etkilerini en aza indirir ve gelişmekte olan ülkelerde ilerlemeyi destekler.

■ **Sağlıklı ve sürdürülebilir tarımı destekler**, daha besleyici, toksin ve alerjen içermeyen gıda sağlar, pestisit ve kimyasalların kullanımını sınırlar.

*Başlıca riskleri ise;*

■ Laboratuvar gıdalarının çoğalması ürün çeşitliliğine son verebilir. Ekosistemlerin dengesini de etkileyebilir.

■ Riskler arasında; öngörülemeyen alerjiler, canlı organizmaların zehirlenmesi ve laboratuvardan kaçan modifiye bakteriler yer alır.

■ Klonlama, insan genomunun modifikasyonu ve yardımcı üreme ile ilgili, etik-sosyal tartışmalar da riskler arasındaki ana konulardır.

■ *Biyoteknoloji, diğer ileri teknolojiler gibi, kötüye kullanım potansiyeline sahiptir. Bu konudaki endişeler, bazı grupların insan klonlama ve embriyonik kök hücre araştırmaları gibi belirli süreçleri veya programları kısıtlayan veya yasaklayan yasaları yürürlüğe koyma çabalarına yol açmıştır. Ayrıca, biyoteknolojik süreçlerin kötü niyetli gruplar tarafından kullanılması halinde, sonucun biyolojik savaş olabileceği endişesini de beraberinde getirir.*

## SAĞLIK BİYOTEKNOLOJİSİ İLE İLGİLİ GÜNCEL TERİMLER (2022)

Aşağıda açıklamaları olmadan sağlık biyoteknolojisi alanında önümüzdeki 10 yılda hayatımızda yer alacak terimlere ve ilgilendiğinde bilgilere ulaşılacak üzere referanslarına yer verilmiştir.

- BrightTALK (<https://www.brighttalk.com/>)
- HealthCareExecIntelligence (<https://healthcarexecintelligence.healthitanalytics.com/>)
- EHRIntelligence (<https://ehrintelligence.com/>)
- SağlıkITAnalitiği (<https://healthitanalytics.com/>)

- SağlıkBTGüvenlik (<https://healthitsecurity.com/>)
- HealthPayerIntelligence (<https://healthpayerintelligence.com/>)
- HITAltyapısı (<https://hitinfrastructure.com/>)
- mSağlık Zekası (<https://mhealthintelligence.com/>)
- Hasta KatılımıHIT (<https://patientengagementhit.com/>)
- İlaçHaberlerİstihbarat (<https://pharmanewsintel.com/>)
- RevCycleIntelligence (<https://revcycleintelligence.com/>)

*Ay Işığı düşüncesi (Moonshot düşüncesi):*<sup>19</sup> Moonshot düşüncesi, devasa, görünüşte aşılmaz bir sorunu seçme ve bu sorunla bahsedebilecek teknolojiyi kullanarak radikal bir çözüm önerme yaklaşımını ifade eder. Buradaki fikir, küçük, artımlı iyileştirmeler aramak değil, büyük bir iyileştirmeyi hedeflemek veya daha da iyisi sorunu tamamen çözmektir.

Bu tür yeni çağ düşüncesi, iş dünyasına ve diğer disiplinlere aşağıdaki şekillerde fayda sağlar:

- İnsanları, yüksek başarı olasılığı olan geleneksel olmayan çözümler aramaya teşvik eder.
- Ekipler, sürekli öğrenmek ve gelişmek için hızlı tempolu deneyleri kullanabilir.
- Organizasyon, işleri yapmanın geçmişteki yerleşik yollarına bakar ve her şeyin mümkün olduğunu varsayar.
- Başarısızlık korkusunu ortadan kaldırır ve ekiplerin başarıya odaklanmasına yardımcı olur.

Modern biyoteknoloji öncelikle tıba odaklanır. Bu alanda, küçük girişimler, çok uluslu ilaç şirketleri ve devlet araştırma kurumları, kalıtsal hastalıkları daha iyi tanımlamak için genetik testlerin yanı sıra nadir ve karmaşık hastalıklar için yeni tedavi seçenekleri geliştirir. Biyoteknolojinin diğer alanları arasında yukarıda bahsettiğimiz, tarım, alternatif enerji ve çevre bilimi bulunmaktadır.

Biyoteknoloji alanında yüksek lisans derecesi ile mezun olan öğrenciler, biyomedikal mühendisliği, klinik teknoloji, mikrobiyoloji, biyo-üretim, epidemiyoloji ve genetik danışmanlık gibi biyoteknolojide geniş bir kariyer yelpazesine sahip olurlar.

İster biyoteknoloji alanında yeni olun, ister mevcut rolünüzü genişletmek isteyin, biyoteknolojide ortaya çıkan aşağıdaki trendler, iş arama ve profesyonel gelişim fırsatlarınıza rehberlik etmelidir.

## EN İYİ BİYOTEKNOLOJİ TRENDLERİ 2022<sup>20</sup>

### YENİ NESİL BİLGİ İŞLEM TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI

Teknoloji her zaman biyoteknolojinin kalbinde yer almıştır. Makine öğrenmesi ve yapay zeka gibi gelişmiş bilgi işlem teknolojilerinin ortaya çıkması, şirketlerin araştırmalarının kapsamını ve ölçeğini genişletmelerine ve üretim sürecindeki verimliliği artırmalarına olanak tanır ve her ikisi de biyoteknoloji firmalarının pazara yeni ürünler getirmesi için gereken süreyi azaltır.

Örneğin tıpta, büyük veri setlerini analiz etme yeteneği, ilaç üreticilerinin bir hastalığın nedenine dayalı tedavilerin belirlenmesine yardımcı olur. Ayrıca, bulut bilişim teknolojisinin evrimi, biyoteknolojideki birçok yeniliğin önündeki engelleri kaldırmıştır. Uygulamaları bulut üzerinden çalıştırma yeteneği, şirketlerin pahalı bilgisayar donanımı satın almadan verileri depolamasına ve analiz etmesine olanak tanır.

### ARTAN PAYDAŞ İŞ BİRLİĞİ

Bulut bilişimin bir başka yararı, çok uluslu firmalar, küçük şirketler, akademik kurumlar veya devlet araştırma kuruluşları gibi farklı kuruluşları temsil eden paydaşlar arasındaki iş birliğini destekleme yeteneğidir. İletişimi, veri paylaşımını ve sanal toplantıları destekleyen yazılım araçları, grupların nerede bulduklarına bakılmaksızın birlikte çalışmasına olanak vererek araştırma sürecini çok daha büyük bir paydaş grubuna açar.

### KLİNİK ARAŞTIRMALARIN EVRİMİ

Bir dizi teknolojik gelişme, klinik araştırma sürecini dönüştürdü. Klinik denemeler eskiden çok manuel bir süreçti, katılımcılar tedavi almak için şahsen bir kliniğe gidiyor ve semptomlarını ve yan etkilerini kâğıda kaydediyordu. Ek olarak, ilaç üreticilerinin genellikle doğru örneklem büyüklüğünü elde etmek için çok sayıda katılımcıyı işe alması gerekiyordu.

Bugün, klinik deneyler yoğun bir şekilde dijitalleştirildi ve biyoteknoloji şirketlerinin tedavileri daha kısa sürede daha fazla hasta üzerinde test etmesini sağladı. Dikkate değer bir örnek olarak, Kasım 2019'da bir tıbbi genetik şirketi, kardiyovasküler hastalığa neden olan genleri belirlemek amacıyla kol saatinden toplanan biyometrik verileri ve genetik testlerin sonuçlarını bir araya getiren Apple Watch ile bir deneme yaptığını duyurdu.

Makine öğrenimi teknolojisi, klinik araştırmanın geleceği için de umut vaat ediyor. Biyoteknoloji şirketleri, tedavilerin etkinliğini moleküler düzeyde tahmin etmek için

mevcut denemelerden elde edilen verileri hızlı bir şekilde analiz edebilir; ayrıca gözden kaçan bir şey olup olmadığını veya mevcut bir ilacın yeni veya farklı kullanımlarının olup olmadığını görmek için önceki denemelerden elde edilen verileri tekrar gözden geçirebilirler.

### NADİR HASTALIKLARIN KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ TEDAVİSİ

1990'da İnsan Genomu Projesi için 2,7 milyar dolardan, bugün 300 doların altına ve yakın gelecekte potansiyel olarak 100 doların altına düşen genetik dizileme maliyeti, deneme katılımcılarının çok daha kapsamlı bir şekilde taranmasına ve müdahalelerin hedeflenmesine olanak tanır. Bu durum daha etkili olan kişiselleştirilmiş tedavi planlarının ve hedefe yönelik tedavilerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır.

Kanser tedavisi, hedefe yönelik tedaviler için kilit bir odak alanıdır. Öne çıkan bir örnek, CAR T-hücre tedavisi adı verilen bir tedavide; hastanın bağışıklık hücrelerinin hedef alındığı ve Ulusal Kanser Enstitüsü'nün ifadesiyle bağışıklık sisteminin "tümörlere saldırdığı" lösemi gibi kan kanseridir.

### DAHA YÜKSEK TARIMSAL VERİM

Birleşmiş Milletler'e göre, küresel nüfusun önümüzdeki 30 yılda yüzde 25'ten fazla artarak 2019'da 7,7 milyardan 2050'de 9,7 milyara çıkması bekleniyor. Artan nüfus insanlar için daha yüksek gıda talebine yol açıyor. Hayvancılık için ve ayrıca kentsel alanlar, tarım için kullanılan arazilere doğru genişledikçe arazi kullanımı üzerinde baskı yaratıyor.

Bu küresel eğilimler, biyoteknolojinin tarımsal verimi artırması için fırsatlar sunmaktadır. Örneğin gen düzenleme, aynı besin değerini sağlarken diğer mahsul çeşitlerinden daha sert koşullarda büyüyebilen veya daha küçük bir alanda daha fazla tahıl üretebilen buğday veya mısır çeşitleri üretebilir. Ek olarak, biyolojik pestisitlerin geliştirilmesi, zararlı kimyasallar kullanmadan veya çevreye zarar vermeden, ekinleri koruma potansiyeline sahiptir.

### DEĞER BAZLI FİYATLANDIRMA MODELLERİNİN ORTAYA ÇIKIŞI

Değere dayalı sözleşmeler, her iki tarafın da yeni bir ürünün kullanımında finansal risk aldığını kabul eder. Örneğin sağlık hizmetlerinde, değere dayalı bir fiyatlandırma modeli, bir ilaç diğer tedavi seçenekleriyle karşılaştırıldığında ölçülebilir iyileştirmeler sağlamadıkça, ilaç üreticisinin daha düşük bir ödeme almasını şart koşabilir. Çevre biliminde, değere dayalı fiyatlandırma, mikroor-



ganizmalar kullanılarak temizlenen atık yüzdesine hedeflenebilir.

## MONOKLONAL ANTİKORLAR VE BİYOBENZERLER

Monoklonal antikorlar, bir çok uygulamanın yanı sıra özellikle kanser hücrelerinde bir bağışıklık sistemi yanıtını eski haline getirmek, güçlendirmek veya taklit etmek için tasarlanmış laboratuvar ortamında üretilen antikorlardır. Kanser hücrelerinin tanımlanmasından etkilenen bölgelere radyasyon verilmesine kadar çeşitli şekillerde işlev görürler. Bu antikorlar bir süredir biyoteknolojinin temelini oluştururken, şimdi yeni yollarla değiştiriliyorlar.

Biyoteknolojinin bir diğer temel unsuru olan biyobenzerler de değişen tıbbi ihtiyaçları karşılayacak şekilde modifiye edilmektedir. Biyobenzerler, mevcut bir ilaçla aynı etkileri sağlar, ancak markalardan biraz farklı bileşimler kullanır, bu da immünoterapi ve hedefe yönelik tedavi ilaçlarını daha erişilebilir hale getirir.

## HÜCRE VE GEN TEDAVİLERİNDE

Kişiyeye özel ilaçlar yaratmak için sırasıyla insan hücrelerini ve genomlarını manipüle eden hücre ve gen terapileri, biyoteknolojinin gelişen alanlarıdır.

FDA, 2017 yılında Kymriah adlı bir ilaç olan ilk gen tedavisini onayladı. İlaç, akut lenfatik lösemiye tedavi etmek için hastanın kendi beyaz kan hücrelerini kullanır. Aynı yıl onaylanan bir başka gen tedavisi olan Yescarta, klinik deneylerde Hodgkin dışı lenfoma hastalarının %72'sinde en azından kısmi remisyon sağladı.

O zamandan beri, biyoteknolojinin bu alanı, büyümede ikiye katlandı. Uzmanlar, onkoloji, rejeneratif tıp ve nadir hastalıklarda umut vaat eden sonuçların ardından daha fazla şirketin geç aşama üretime geçmesiyle istikrarlı bir ilerleme olacağını tahmin ediyorlar. FDA yetkililerine göre; biyoteknoloji yeni projeleri hızlandırmaya devam ettikçe, ajansın 2025 yılına kadar her yıl 10 ila 20 gen ve hücre tedavisi ile ilgili onay vermesini bekleniyor.

## AŞI GELİŞTİRME

Koronavirüs hastalığı-2019 (COVID-19) virüsünün yayılmasını önleme arayışı, bilim camiasını aşı geliştirmenin yeni yollarını düşünmeye zorladı. Devlet kurumları ve biyofarmasötik şirketler, bu alandaki araştırmaları finanse

etmek ve kaynakları bir araya getirmek için benzeri görülmemiş kamu-özel ortaklıklarına girerek, süreçte bir bütün olarak aşı anlayışımızı ilerletti.COVID ile ilgili aşılarda araştırma ve geliştirme süreci, gelecekte daha etkili önleyici tedbirlerin nasıl oluşturulacağı konusunda değerli bilgiler sağlayabilir.

## BIYOTEKNOLOJİ ENDÜSTRİSİNDE İLERLEMELER İÇİN EN İYİ BIYOTEKNOLOJİ KARIYERLERİ

Biyoteknolojideki eğilimler, biyoteknoloji uzmanlarının kariyerlerini ilerletmek için tıp, biyoloji, kimya veya eczacılık bilimi alanlarından daha fazlasına ihtiyaç duyduklarını göstermektedir.

En iyi biyoteknoloji kariyerleri:

- Tıp
- Eczacılık
- Biyolog
- Moleküler biyolog
- Biyomedikal mühendis
- Biyokimyacı
- Klinik Teknisyen
- Mikrobiyolog
- Süreç Geliştirme Bilimcisi
- Biyoüretim Uzmanı
- İş Geliştirme Müdürü
- Ürün Stratejisti
- Biyofarmarma Satış Temsilcisi
- Biyoteknoloji Teknisyeni
- Epidemiyolog
- Tıbbi ve Klinik Laboratuvar Teknisyeni
- Ar-Ge Bilimcisi

***Kariyer planları için referans olabilecek siteler ise aşağıda paylaşılmıştır:***

■ <https://www.iberdrola.com/talent/iberdrola-university-program/young-entrepreneurs-promotion-programs/agreements-tecnologico-monterrey>

■ <https://www.iberdrola.com/talent/international-scholarships-master-iberdrola>

## KAYNAKLAR

1. Verma AS, Agrahari S, Rastogi S, Singh A. Biotechnology in the realm of history. *J Pharm Bioallied Sci.* 2011;3(3):321-3. doi: 10.4103/0975-7406.84430.
2. Bhatia, S.; Goli, D. *Introduction to Pharmaceutical Biotechnology, Volume 1 Basic Techniques and Concepts*; IOP Publishing, 2018. doi: 10.1088/978-0-7503-1299-8.
3. Westerlund JF, Fairbanks DJ. Gregor Mendel's classic paper and the nature of science in genetics courses. *Hereditas.* 2010;147(6):293-303. doi: 10.1111/j.1601-5223.2010.02199.x.
4. Ludmerer KM. Genetics, Eugenics, And The Immigration Restriction Act Of 1924. *Bulletin of the History of Medicine.* 1972;46(1):59-81.
5. Demidov, V. V. Golden Jubilee of the DNA Double Helix. *Trends in Biotechnology.* 2003;21(4):139-40. doi: 10.1016/S0167-7799(03)00031-3.
6. Kaunitz JD. The Discovery of PCR: ProCuRement of Divine Power. *Dig Dis Sci.* 2015;60(8):2230-1. doi: 10.1007/s10620-015-3747-0.
7. Sumerians T, Chinese T, Greeks T. *Escherichia T. Historical Events in Biotechnology BC 1750. 1949*
8. Tang TC. An B, Huang Y, Vasikaran S, Wang Y, Jiang X, et al. Materials design by synthetic biology. *Nat Rev Mater.* 2021;(4)6:332-50.
9. *Biotechnology Applications* [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory\\_and\\_General\\_Biology/Book%3A\\_Introductory\\_Biology\\_\(CK-12\)/03%3A\\_Genetics/3.14%3A\\_Biotechnology\\_Applications](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_and_General_Biology/Book%3A_Introductory_Biology_(CK-12)/03%3A_Genetics/3.14%3A_Biotechnology_Applications) (accessed 2022 -05 -11).
10. <https://tr.ipocketpc.net/biotechnology-types-437>
11. Kocdor H, Sezer E, Erbayraktar Z, Pabuççuoğlu A, Onat T, Oktay G, et al. The report of the 1st Turkey in vitro diagnostic symposium results. *Turkish Journal of Biochemistry.* 2017;42(1). doi: 10.1515/tjb-2016-0286.
12. <https://www.scientificamerican.com/article/cancer-vaccine-tobacco-plants/#:~:text=In%20the%20first%20human%20trial,form%20of%20non%2DHodgkin's%20lymphoma.>
13. <https://news.mit.edu/2020/artificial-intelligence-identifies-new-antibiotic-0220>
14. Li J, Li S, Huang J, Khan AQ, An B, Zhou X, et al. Spider Silk-Inspired Artificial Fibers. DOI: 10.1002/advs.202103965 *Adv.Sci.* 2022,9, 2103965© Wiley-VCH GmbH (1 / 20)
15. Gu L, Jiang Y, Hu J. Scalable Spider-Silk-Like Supertough Fibers using a Pseudoprotein Polymer. *Adv Mater.* 2019;31(48). doi: 10.1002/adma.201904311.
16. <https://kraiglabs.com/spider-silk/>, accessed October 2019
17. <https://www.conserve-energy-future.com/biotechnology-types-examples-applications.php>
18. <https://www.iberdrola.com/innovation/what-is-biotechnology>
19. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/biotechnology>
20. <https://www.northeastern.edu/graduate/blog/emerging-biotechnology-trends/>