

# BİYOTEKNOLOJİ ÇAĞI

Uzm. Ecz. Ebru Cumbul, Biyoteknoloji Bilim Uzmanı



Bilimsel gelişmeler son yüzyılda teknolojinin gelişmesiyle birlikte logaritmik olarak arttı. İnternet ve bilgisayarların gelişmesiyle son yirmi senede ortaya çıkan bilginin miktarı, son beş bin seneden daha fazladır. Sağlık bilimleri, gün geçtikçe daha önem kazanmaktadır. Tıp alanındaki bilimsel gelişmeleri, en yüksek ve kompleks derecede Biyoteknoloji bilimi temsil etmektedir. Biyoteknoloji, biyolojik sistemleri daha iyi ve verimli kullanmak için istediğimiz değişikliği yapabilecek araçları insanlığa sunmaktadır.

Ancak, Biyoteknoloji çok yüksek kalitede eğitilmiş insan kaynakları ve ileri araçlar gerektirmektedir. Covid-19 süreci ve mRNA aşılarının başarılı olması, Biyoteknolojinin nasıl devrimsel bir güce sahip olduğunu tekrar gösterdi. Biyoteknoloji, etik ve bilimsel yöntemleri gözeterek uygulandığında yaratıcı çözümler üretmeye devam edecektir.

Tıptan tarıma, 3D yazılabilir ilaçlardan basılabilir organlara, gıdadan ekolojiye kadar, insanın ve biyolojinin olduğu her yerde daha ileri ve daha verimli çözümler için Biyoteknoloji elimizdeki en güçlü araç olacaktır. Aşağıdaki makale özet olarak Biyoteknolojinin hangi yeteneklere sahip olduğunu ve hangi alanlarda çözüm potansiyeli taşıdığını göstermektedir.

**Biyoteknoloji de tarım ve bilgisayar teknolojisi gibi dünyayı ciddi şekilde dönüştürecek. [1]**

Önümüzdeki 20 yıl boyunca, Biyoteknoloji'nin daha geniş bir yelpazedeki insan deneyimlerini dönüştürmesi bekleniyor. Yaşam bilimlerine yönelik daha multidisipliner, dijital ve veri açısından zengin bir yaklaşım, canlı maddenin anlaşılmasını ve tahmin edilebilir bir şekilde manipüle edilebilmesini hızlandırmaktadır; ancak piyasa, düzenleyici ve normatif koşullar ilerlemenin hızını ve odağını hafifletecektir. Biyoteknoloji muhtemelen insan varlığının birçok yönünü iyileştirecektir; ancak bu teknolojilerin peşinde koşmak ve olası uygulamaları da sosyal ve ekonomik aksaklıklar yaratabilir ve çok sayıda etik soruyu gündeme getirebilir. [2]

## **BİYOTEKNOLOJİNİN RENK KODU SINIFLANDIRMASI**

Tıp, tarım, süt ürünleri, tekstil, gıda ve daha birçok sektör gibi çeşitli alanlardaki geniş uygulama alanı nedeniyle Biyoteknoloji bir renk kodu kullanılarak sınıflandırılabilir. 2012'de Biyoorganik Kimya Bölümü'nde Paweł Kafarski, Biyoteknolojiyi on farklı renk kodu kullanarak sınıflandırmıştır. Uygulama alanı bazında Biyoteknoloji'nin renk türleri Yeşil, Kırmızı, Beyaz, Altın, Gri, Mavi, Sarı, Menekşe, Kahverengi ve Koyu'dur. Burada Biyoteknoloji'nin renklerini ve onların uygulama alanları tablo olarak gösterilmiştir. [3]

SIRA NO	RENK KODU	BİYOTEKNOLOJİ BRANŞI
1	Yeşil	Tarım Biyoteknolojisi
2	Kırmızı	Tıbbi Biyoteknoloji
3	Beyaz	Endüstri Biyoteknolojisi
4	Altın	Biyoinformatik
5	Gri	Çevreyi Koruma Biyoteknolojisi
6	Mavi	Deniz Biyoteknolojisi
7	Sarı	Yemek Beslenme Biyoteknolojisi
8	Mor	Telif Hakları Etiği, Etik ve Biyogüvenlik
9	Kahve	Kuraklık ve Çöl Biyoteknolojisi
10	Koyu	Biyoterör ve Biyolojik Silahlar

## **BİYOLOJİ BİLİMLERİNDEKİ GELİŞMELER İVME KAZANIYOR**

Yüzyıllar boyunca, tarım, tıp ve üretimde yaşam süreçlerini kullanmamız ve manipüle etmemiz, Mendel genetiği, Germ Teorisi ve DNA gibi önemli keşiflerin getirdiği anlayıştaki sıçramalarla noktalanarak aşamalı olarak ilerledi. Bu sıçramalar, biyolojik sistemleri tespit etmek, görüntülemek ve manipüle etmek için yeni araçların ve algoritmaların geliştirilmesi ve kabul edilmesi olmadan gerçekleşemezdi.[2]

Önümüzdeki 20 yıl boyunca, yaşam bilimlerine yönelik daha multidisipliner ve veri-yoğun bir yaklaşım, canlı maddeyi anlama ve manipüle etme becerimizi değiştirecektir. Bilim insanları genetik talimatları giderek artan bir şekilde bir tür hesaplama kodu olarak ele almakta ve hızla ilerleyen hesaplama bilimi alanından yeni araçlar kullanmaktadır. Bu disiplinler bilişsel bilim, nanoteknoloji, fizik ve diğerleriyle birleşerek anlayışımızda yeni sıçramalara yol açıyor. Biyo-yakınsama (Bio-Convergence) olarak bilinen bu farklı teknolojilerin yaşam bilimlerine toplu olarak uygulanmasının, Biyoteknoloji tasarımı ve üretiminde keşif ve öngörülebilirliği hızlandırması beklenmektedir. Bu multidisipliner yaklaşım aşağıdakileri mümkün kılmıştır:

- Biyolojik sistemleri moleküler ölçeklerde görselleştirmek, ölçmek, tanımlamak ve manipüle etmek

- DNA, RNA ve amino asitlerdeki genetik talimatları, yararlı materyalleri veya organizmaları sentezlemek için yüksek hassasiyetle yazılabilen, düzenlenebilen ve yürütülebilen bir dil gibi ele almak

- Farklı özellikler üretmek üzere çevreyle nasıl etkileşime girdiğini ilişkilendirmek için, binlerce bireyden genom olarak adlandırılan genetik talimatları fiziksel, zihinsel ve sağlık özellikleriyle birlikte toplamak, dijital ortama aktarmak, depolamak ve analiz etmek

- Tıp, tarım ve üretimi desteklemek amacıyla biyolojik sistemleri algılamak veya uyararak için biyoelektronik arayüzler gibi karmaşık biyolojik ve biyolojik olmayan süreçleri birleştirmek

## **BİYOTEKNOLOJİNİN GIDIŞATINI ŞEKİLLENDİREN FAKTÖRLER**

Ekonomik, sosyal ve politik faktörlerin Biyoteknoloji araştırmalarının hızını, odağını ve ürünlerin bulunabilirliğini etkilemesi muhtemeldir.

### **Artan Yatırım ve Azalan Maliyet**

Bu ekonomik faktörler, gelecekteki Biyoteknolojik atılımlar ve uygulamalar için çok önemli olacaktır. 2019 yılında, yaşam bilimleri ve Biyoteknoloji alanındaki araştırma ve inovasyonun sağladığı tüm faaliyetler olarak tanımlanan küresel biyoekonomi, yaklaşık 5 trilyon dolar veya küresel GSYH'nin yaklaşık yüzde 6'sını oluştuyordu. Yıllık yüzde 10-15'lik gelir artışı eğilimlerine dayanarak, dünya biyoekonomisi 2030 yılına kadar 20 trilyon doları aşabilir. Temel teknolojilerin maliyetindeki düşüş, Biyoteknoloji'nin daha geniş uygulamasını teşvik edebilir ve potansiyel olarak Biyoteknoloji Ar-Ge ve üretiminin yönlerini demokratikleştirerek, küresel erişilebilirliğini artırabilir.

### **Düzenleyici Kısıtlamalar**

Bu tür kısıtlamalar Biyoteknoloji'nin finansmanını, üretimini veya kamuoyu tarafından kabulünü engelleyebilir veya azaltabilir. Yasaklar, kısıtlamalar veya standartların değiştirilmesi kazalara, istenmeyen sonuçlara veya kamuoyu baskısına yanıt olarak ortaya çıkabilir. Daha fazla kısıtlama, bu alana girmeyi tercih edenlerin sayısını azaltabilir, bu da personel için rekabetin artmasına ve uzman sıkıntısına yol açabilir.

### **Uluslararası Kabul**

Uluslararası kabul Biyoteknoloji'nin finansmanını, üretimini ve kamuoyu tarafından kabulünü artırabilir. İmzalanan anlaşmalar veya sözleşmeler, gelecekteki pandemileri önleme ihtiyacının ortak kabulü veya dünya sahnesinde etkili sesler tarafından Biyoteknoloji savunuculuğu, bu da muhtemelen daha fazla insanı biyolojik bilimler alanında resmi eğitim almaya motive edecek bir gelişme olacaktır.

### **Büyük Ölçekli İşbirliği ve Ortak Çalışma**

İster uluslararası toplum tarafından desteklensin, ister ticari veya tabandan gelen girişimlerden kaynaklansın, büyük ölçekli işbirliği Biyoteknoloji Ar-Ge'sini önemli ölçüde hızlandırabilir. Açık, normatif ve yasal olarak yönlendirilen işbirliğinin, teknolojilerin ve uzmanlığın yayılmasını ve erişilebilirliğini artırarak sağlık ve çevre sorunlarının çözümünü hızlandırmasını sağlayabilir. Bu gibi durumlarda atılımlar, muhtemelen mevcut politika ve yasaların sınırlarını aşacaktır.

### **Tüketici Talebindeki Değişiklikler**

COVID-19 veya gıda kıtlığı gibi bir sağlık krizine yanıt olarak, tüketici talebi hızla Biyoteknoloji alternatifleri lehine değişebilir; tüketicinin daha ucuz, daha besleyici, çevreye daha az zarar veren ve

hayvansız gıdalara olan ilgisi Biyoteknoloji türevi alternatifleri teşvik edecektir. Genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) daha fazla kabul görmesi ve dolayısıyla daha yaygın hale gelerek bazı geleneksel tarımsal kaynakların yerini alması muhtemeldir. Et ve balık için kültürde yetiştirilen alternatiflerin de yaygınlaşması ve hayvancılık endüstrileri üzerinde benzer etkiler yaratması beklenmektedir.

### **Çevresel Değişime Verilen Tepkiler**

Toprak, su kullanımı ve karbon emisyonlarıyla ilgili küresel norm ve politikalarındaki değişiklikler karşısında, Biyoteknoloji yeterli üretimi sürdürmenin bir yolu olarak, önümüzdeki yıllarda artan bir ilgi ve destek görmesi muhtemeldir. Bazı çevresel değişiklikler, geleneksel gıda kaynaklarının yerel üretimini sürdürmenin en etkili yolunun genetiği değiştirilmiş yeni çözümler ile olabilir.

### **BİYOTEKNOLOJİ UYGULAMALARI VE POTANSİYEL SONUÇLARI**

Önümüzdeki yirmi yıl boyunca, Biyoteknoloji'nin aşağıdaki sonuçlardan herhangi birini veya tümünü sağlayabileceğini tahmin ediyoruz. Bu uygulamalar sağlık ve yaşam koşullarının iyileştirilmesi için umut vaat etmektedir; ancak bunlara potansiyel toplumsal aksaklıklar, etik kaygılar veya güvenlik zorlukları eşlik etmektedir.

### **Dijital Sağlık Hizmetleri ve Hassas Tıp**

Tıp uzmanları, tıbbi teşhis cihazları ve kişisel Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazları halihazırda giderek artan miktarda sağlık verisi toplamaktadır. Bu bilgiler diğer kişisel bilgilerle, dijital olarak kaydedilen davranışlarla ve siber göstergelerle birleştirilerek yeni hastalıkların tahminini ve tedavi sonuçlarını radikal bir şekilde iyileştirmektedir. Yine de bu veri birleşimi fiziksel ve dijital anonimliği aşındırabilir ve hükümetlerin, şirketlerin veya bireylerin biyo-imzalarına, değerlendirilen veya tahmin edilen sağlık durumlarına veya çıkarılan genetik özelliklerine dayanarak kişileri hedef almalarına veya onlara karşı ayrımcılık yapmalarına izin verebilir. Bazı ülkelerdeki düzenlemeler bu kabiliyetin sosyal eşitsizlik yaratma veya artırma potansiyelini sınırlarken, diğer ülkelerde "sosyal kredi" puanlarının oluşturulması gibi uygulamalar genetik kriterleri kolayca içerebilir.

### **Organların Biyo-basımı ve Diğer Bireyselleştirilmiş Tedaviler**

İsmarlama tıbbi tedaviler olarak da bilinen, kişiye özel genetik temelli tıp ve hücresel mühendislik kullanan tedaviler, yüksek maliyetli de olsa bazı durumları tedavi etmek için halihazırda mevcuttur. Önümüzdeki 20 yıl içinde, dokuların basılması ve transplantasyona uygun insan organları üretmek için genetik olarak uyarlanmış hayvanların yaratılması da dahil olmak üzere, bu tekniklerin ele alabileceği koşul ve tedavi yelpazesinin büyümesi muhtemeldir. Bu tedaviler pahalı olsa da, diyabet gibi kronik hastalıklar için onlarca yıllık tedaviden daha az maliyetli olabilir. Bununla birlikte, tıpta bu daha özel yaklaşımlar önümüzdeki 20 yıl içinde, çoğu insanın erişimine açık olmayabilir ve en gelişmiş tekniklere erişimdeki eşitsizlik, sağlık hizmetlerine eşit erişimi kamuoyunda daha da sıkıntılı bir tartışma konusu haline getirebilir.

### **İnsan Özelliklerini ve Performansını Geliştirmek için Üreme Mühendisliği**

Döllenen insan embriyolarının istenen genetik özelliklere göre taranmasını ve seçilmesini veya reddedilmesini sağlayan teknoloji artık mevcuttur ve bu embriyonik aşamalarda insan yaşamının genetik olarak değiştirilmesi giderek daha mümkün hale gelmektedir. Bu alandaki yakın vadeli uygulamalar muhtemelen olumsuz sağlık sonuçlarından kaçınmaya ve arzu edilen fiziksel özelliklerin seçimine odaklanacaktır. Bu prosedürlerin maliyeti düştükçe ve güvenilirliği arttıkça, giderek daha

fazla sayıda insan ve toplum, çocuklarını korumak veya onlara avantaj sağlamak ya da tüm popülasyonların sağlık ve üretkenlik dinamiklerini değiştirmek için bir araç olarak özellik seçimine yönelebilir. 2030'dan önce, uygulamalar boy, göz veya saç rengi gibi daha iyi anlaşılabilir kozmetik özellikler için seçim veya modifikasyonu içerebilir ve hatta tekniklerin güvenliğine olan güven arttıkça zeka veya kişilik gibi özellikleri de kapsayacak şekilde ilerleyebilir. Bu uygulamalar önemli kültürel ve ahlaki faydalarıyla kesilebilir ve muhtemelen küresel nüfusun geniş kesimleri için mevcut olmayacak veya muhtemelen diğerlerinde zorunlu hale getirilecek ve devletler içinde ve arasında eşitsizlik potansiyelini artıracaktır.

### **Ekolojik Mühendislik**

Bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalar bir çevreyi stabilize etmek, insan etkisini azaltmak veya üretkenliği artırmak için seçilebilir ve değiştirilebilir. Ekosistemler, daha az tatlı su tüketen, daha az ekilebilir arazi gerektiren veya verimsiz ortamlarda üretkenliği mümkün kılan yollarla gıda, malzeme ve hatta enerji üretimini mümkün kılacak şekilde tasarlanabilir (potansiyel olarak tükenmiş çiftlik alanlarından Mars yüzeyine kadar). Genetik modifikasyonlar halihazırda tuzlu su istilasının yaşandığı veya tarımın hiç mümkün olmadığı bölgelerde mahsul verimliliğini mümkün kılmaktadır.

Genetik modifikasyonun zararlı uygulamaları kesinlikle mümkündür; ancak Biyoteknoloji'nin bu uygulaması, ihtiyaçları karşılamak ve çatışmaları azaltmak için şimdiden büyük bir potansiyel sergilemiştir.



### **Bilgisayar-İnsan Arayüzleri**

Makine ve insan yeteneklerinin birleşimi çeşitli şekillerde ve farklı entegrasyon seviyelerinde gerçekleşmektedir. Fiziksel, görsel, dokunsal ve işitsel duyarın eldivenler, gözlükler ve kulaklıklar aracılığıyla noninvaziv veya sanal olarak artırılması oyun, öğrenme ve tele-çalışma alanlarında yaygındır. Elektroensefalograf ve başa takılan elektrik veya manyetik vericiler, beyin faaliyetlerinin uyarılması ve tespit edilmesi yoluyla benzer kullanımları mümkün kılmaktadır. Bu manipülasyon biçiminin algıyı, hafızayı ve dikkati marjinal olarak geliştirdiği gösterilmiştir. Beyin veya sinir dokusunu doğrudan beyne bağlayan invaziv nöral arayüzler ve bilgisayarlar nörolojik durumları düzeltmek için yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak beyin-bilgisayar etkileşiminin mevcut tüm biçimleri şimdilik çok düşük veri aktarım hızlarında gerçekleşmektedir.

Şu anda geliştirilmekte olan insan-makine ağları bu sınırlamaların üstesinden gelebilir, veri aktarım hızını radikal bir şekilde artırabilir, insan algısının ve bilişsel yeteneklerinin kapsamını ve derinliğini

genişletebilir. Bu hibrid sistemlerin ilk kullanım alanları nörolojik durumların üstesinden gelmek için tıbbi tedaviler olsa da, tıbbi olmayan kullanım alanları da şimdiden araştırılmaktadır. Bu kullanımlar muhtemelen yeni sosyal etkileşim biçimlerini, eğlenceyi ve sistemleri zor sorunları çözmek veya pazar avantajı elde etmek için kullanabilen "güçlü kullanıcılara" rekabet avantajı sağlayan araçları içerecektir. İstenmeyen sonuçlar arasında siber saldırıların olumsuz sonuçlarında ve teknik olarak etkinleştirilmiş etki operasyonlarında sıçramalar yer alabilir. Gelişmiş arayüz "sahip olanlar" ve "olmayanlar" arasındaki uçurum büyüdükçe, yeni kültürel, sosyal ve iş gücü gerilimlerini körükleyebilir.

### **Malzeme ve Cihazların Biyo-üretimi**

Biyoteknoloji'ye otomasyon ve veri odaklı süreçler giderek daha fazla dahil edilmekte ve 2040 yılına kadar araştırma ve üretim sonuçlarını radikal bir şekilde iyileştirmesi beklenmektedir. DNA ve diğer biyomoleküllerle otomatik moleküler montaj teknikleri, muhtemelen mühendislik ve tasarım yeteneklerini nano ölçekli uygulama alanına daha da itecek ve biyolojik ve dijital teknolojilerin yaklaşmasını hızlandıracaktır. Kimyasal hammadde oluşturma, fermantasyon, enzimatik işleme ve ilaç üretimi gibi bazı mevcut endüstriyel süreçlerde otomasyon halihazırda rutin hale gelmiştir. Ayrıca sanayide ve tarımda kullanılan genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO'lar), genellikle etiketleme veya düzenleyici kısıtlamalarla da olsa, gıda olarak tüketilmektedir. Gelişmiş ülkelerin çoğu GDO'lu ürünlerin tanımlanmasını zorunlu kılan politikalar oluşturmuştur, ancak hepsi değil, bu da GDO'ları düzenleyen küresel politikaların hala gelişmekte olduğunu göstermektedir.

Genetik modifikasyon, daha az tatlı su veya toprakla üretim yapılmasını sağlayabileceği gibi, verimli ortamlarda üretimi artırabilir veya uyarlayabilir, geleneksel hidrokarbon girdi kaynaklarını atlayabilir, kimyasal gübre ve pestisitlere bağımlılığı azaltabilir veya daha az atmosferik sera gazı yaratan yeni üretim yollarını mümkün kılabilir. Örneğin, biyolojik olarak değiştirilmiş bitkiler veya mantarlar, insan tüketimi için hayvansal olmayan protein kaynakları olarak veya karbon-negatif yapısal malzemeler yetiştirmek için kullanılabilir. Bu tür uygulamaların, muhtemelen su, böcek ilacı veya karbon yoğun eski süreçleri devre dışı bırakacak yeni politikalara yanıt olarak çıkması muhtemeldir.

### **DNA Tabanlı Veri Depolama**

Verileri kodlamak ve depolamak için DNA kullanımı teknik olarak zaten laboratuvarlarda gösteriliyor ve DNA veya benzer kimyasal polimerler muhtemelen önümüzdeki 20 yıl içinde arşiv amaçlı veri depolamak için kullanılacak. Mevcut teknolojilerin çoğundan daha büyük bir depolama kapasitesine sahip olan sentetik DNA, veri hacmi ve uzun ömürlülüğüne ve düşük güce önem veren uygulamalar için tercih edilen bir ortam haline gelebilir. Giderek daha fazla enstrümente edilen ve hiper-bağlantılı hale gelen bir dünyada, büyük miktarlarda verinin uzun, belki de belirsiz süreler boyunca depolanabilmesi, uzun vadeli sosyal izlemenin yeni biçimlerini mümkün kılabilir ve korumanın yanı sıra kontrol etmek için de kullanılacak yetenekler ortaya çıkarabilir.

### **Birçok Hastalığın Tedavisi veya Ortadan Kaldırılması**

Hastalık vektörlerinin kontrolü ve yeni tıbbi tedaviler ile önleyici ilaçların geliştirilmesi de dahil olmak üzere bir dizi Biyoteknolojik ilerlemenin teşvikiyle önümüzdeki 20 yıl içinde en yaygın hastalıkların ortadan kaldırılması mümkün olabilir. Ancak bu süre zarfında bu teknolojilere küresel erişimin eşit olmaması nedeniyle gerçek dünyadaki uygulamanın teorik sağlık potansiyelini karşılaması pek olası değildir. Bunun yerine, muhtemelen hangi hastalıkların ortadan kaldırılmasına öncelik verileceği konusunda tartışmalar yaşanacak ve tedaviye erişimde, esas olarak piyasa güçleri tarafından yönlendirilen önemli değişkenlikler olacaktır.

Sıtma veya tüberküloz gibi bulaşıcı ve ölümcül hastalıklara yönelik küresel çabalar insan yaşamının kalitesi ve uzun ömürlülüğünde önemli iyileşmeler sağlayabilir. Bu gibi durumlarda, eşitsizlik ve çatışma birinci dereceden sonuçlar olarak daha az olası olacaktır, ancak yine de işgücündeki hızlı değişimlere veya daha kademeli demografik değişikliklere yanıt olarak ortaya çıkabilir. Örneğin, sıtmanın ortadan kaldırılması büyük acıları dindirecektir ancak zaman içinde yerel topluluklar istihdam edemeyecekleri genç nesillerle de karşı karşıya kalabilir.



### **Talep Üzerine İlaç Üretimi**

Yeni tedavileri ve aşıları hızlı bir şekilde büyük ölçekte üretme becerisi, bir ülkenin veya bölgenin doğal veya yapay pandemilere başarılı bir şekilde yanıt verme becerisinde kritik bir faktör olabilir. COVID-19 salgını, tıbbi teknolojiye yapılan yatırımları artıran küresel bir şok yaratmıştır. Büyük ölçekli bir halk sağlığı krizi, teknolojiye erişimi olan ve olmayan gruplar arasında farklı sonuçlar doğursa, bu tür yetenekler eşitsizliğe katkıda bulunabilir veya çatışmayı tetikleyebilir.

### **Sentetik Organizmalar**

Genişletilmiş bir genetik kod ve amino asit repertuarına dayalı olarak canlı üreyen organizmaların yaratılması, önümüzdeki 20 yıl içinde araştırma ortamlarında ve endüstrinin bazı bölümlerinde yaygın hale gelebilir. Bunu rutin olarak yapabilme becerisi, insanların yaşam süreçlerini anlamasında ve Biyoteknoloji keşif ve uygulama hızında bir dönüm noktasını temsil edecektir. Sentetik organizmaların yaratılmasının Biyoteknolojiye daha fazla yatırım yapılmasını sağlaması ve biyobilimin yönü ve hedefleri hakkındaki tartışmaları güçlendirmesi muhtemeldir. Daha önce hiç görülmemiş organizmaların, materyallerin ya da terapötiklerin yaratılması, sadece yararlı amaçlar için tasarlanmış olsa bile küresel nüfus için geniş çapta kullanılabilirlik konusunda endişelere, faydalar ve potansiyel olarak tehlikeli kullanımlar hakkında tartışmalara yol açması muhtemeldir.

### **Dönüşen Tarım ve Gıda Üretimi**

Önümüzdeki 20 yıl içinde, yeni gıda üretim ve hazırlama süreçleri, genetiği değiştirilmiş organizmaların kullanıldığı yüksek otomasyonlu, çevre kontrollü koşullarda giderek daha fazla gerçekleştirilebilir ve potansiyel olarak gıda üretiminin ana biçimi olarak geleneksel tarım

uygulamalarının yerini alabilir. Bu teknolojilerin günümüzdeki öncüleri büyük ölçekli kontrollü ortam çiftliklerinde ve genetiği değiştirilmiş balık, temel ürünler ve et yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır.

Toplumlar ve çevre üzerindeki etkiler türe, sürece ve yere bağlı olarak değişecektir. Geleceğin bu tarım teknikleri -ülkeler arasında çatışma yaratma olasılığı düşük olsa da- topluluklar ve ekosistemler üzerinde hem sağlıklı hem de zararlı etkiler yaratma potansiyeline sahiptir. Örneğin, bazı uzmanlar modern teknolojilerin Afrika'daki kırsal tarıma entegrasyonunun hem üretimi artırdığını hem de hevesli gençlerin yerel topluluklara bağlı kalmaları için teşvik yarattığını değerlendirmektedir.

### **DAHA GENİŞ TOPLUMSAL ÇIKARIMLAR**

Biyoteknoloji insan sağlığını, çevreyi, tarımı ve üretim biçimlerini iyileştirme ve daha sürdürülebilir hale getirme imkânı sunmaktadır. Buna karşılık, Biyoteknoloji ve biyoekonominin büyümesi, eşitsizliği arttırmak, uluslararası rekabeti şiddetlendirmek ve insan olmanın ne anlama geldiğine dair etik tartışmaları yoğunlaştırmak gibi aksaklıklar yaratabilir.

### **Eşitsiz Erişim ve Fayda**

Önümüzdeki yıllarda, Biyoteknoloji alanındaki ilerlemeler, özellikle de pahalı ve kişiye özel teknolojiler, muhtemelen ülkeler içinde ve arasında eşit olmayan bir şekilde dağılacaktır. Ortaya çıkan bazı biyo-geliştirme modelleri yaygın kolektif faydaya öncelik verse de; Biyoteknoloji Ar-Ge yoğun, kâr odaklı ve büyük ölçüde ticari bir girişim olmaya devam edecektir. Sonuç olarak, birçok Biyoteknoloji ürünü metalaşp sıradanlaşsa bile, en azından başlangıçta birçok insan için muhtemelen ulaşılamaz kalacaktır.

### **Jeopolitik Rekabet**

Biyoteknoloji, mevcut akademik ve teknolojik toplulukları kullanan inovasyon kümelerine bağlı olduğu için tarihsel olarak sınırlı sayıda ülkede yoğunlaşmıştır, ancak ülkeler kendi yerel endüstrilerini geliştirmek için hem firmaları hem de yetenekleri cezbetmek istemektedir.

- Biyoteknoloji uzmanlığı küreseldir ve yapay zeka ve diğer ileri teknolojilere benzer; Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve diğer ülkelerdeki firmalar en iyi Biyoteknoloji yetenekleri için giderek daha fazla rekabet etmektedir.

- Vizyon sahibi insan yeteneklerine erişim Biyoteknoloji araştırmaları için kritik öneme sahip olsa da, yaklaşan otomasyon çağı Biyoteknoloji üretiminin kilit üretim kaynaklarına ve ucuz işgücüne erişimi olan yerlere kaymasına veya düzenleyici izinlere sahne olabilir.

- Biyoteknoloji, Biyoteknoloji gelişimini teşvik eden elverişli hükümet politikalarına karşılık olarak yakınsak yeteneklere sahip endüstrilerin bir araya gelmesiyle yerel inovasyonun itici gücü olabilir. Odaklanmış politika desteğine ve çevik bir düzenleyici rejime sahip ülkeler, ulusal ekonomi, sağlık veya güvenlik hedeflerini ilerletmek için Biyoteknolojiyi daha iyi kullanabilir.

### **Evrim mi Devrim mi?**

İnsan özelliklerini ve yeteneklerini doğumdan önce ve sonra değiştirme becerisi arttıkça, muhtemelen insan biyolojisini manipüle etmenin sınırları ve sonuçları hakkında tartışmalar ve hatta çatışmalar göreceğiz. Biyoteknoloji, insan biçimi ve davranışı üzerinde daha fazla kontrol ve öngörülebilirlik sunarak, makine arayüzleriyle uyumluluk sağlamak, kişisel üreme veya performans avantajı sağlamak veya ölçekli sosyal değişimi gerçekleştirmek için uzmanlaşmaya olanak tanıyabilir. İyileştirilmiş sağlık ve uzun ömür vaadi, muhtemelen bu teknolojinin uygulanmasına yönelik desteği artırırken, aynı zamanda toplumların çok daha sağlıklı ve uzun yaşayan bir nüfusu yönetmeye nasıl hazırlanmaları



gerektiğine dair endişeleri de beraberinde getirecektir. İnsanların Biyoteknoloji ile değiştirilmesi aynı zamanda tıbbi bağımlılık, tıbbi olmayan avantaj veya değiştirilenler ile değiştirilmeyenler arasında eşitsizlik yaratma potansiyeline de sahiptir.

Bazı insanların ve toplumların bu zorlukları kucaklayacağını, bazılarının ise kendilerini ve müttefiklerini avantajlı kılmak ya da korumak için bu seçeneklerin mevcudiyetini kontrol etmeye çalışacağını tahmin ediyoruz. Bazı bireyler ise insan mühendisliğinden uzak durarak yeni ortodoksleri reddedecek, isyancılar ve hatta hakim biyonormatif rejimlerden mülteciler haline geleceklerdir. Bu teknolojilerin uygulanmasıyla ortaya çıkan farklılıkların sosyal, yasal ve kültürel zorluklar yaratması muhtemeldir. İnsan mühendisliğine yaygın olarak izin verilmese ya da uygulanmasa bile, klinik korumaların ya da zorunlu düzenlemelerin olmadığı ülkelerde sunulan kök hücre tedavileri gibi diğer riskli tıp turizmi uygulamalarına katılabilir. Önümüzdeki 20 yıl boyunca, farklı topluluklar veya ülkeler insan evrimi ve çevreyle ilgili temel sorularla uğraşırken, Biyoteknoloji bölücü kimlik politikalarında bir faktör haline gelebilir. [2]

### **Yeni Bir Atılım**

Yapay zekanın en büyük etkiyi yarattığı alanlardan biri, genetik ve diğer karmaşık yaşam sistemleri hakkında benzeri görülmemiş içgörülere olanak tanıyan Biyoteknolojidir. Bilgisayar teknolojisi gibi biyolojik teknoloji de insanlar için yeni verimlilikler ve kapasiteler yaratmaktadır. Ancak bilgisayar teknolojilerinden niteliksel olarak da farklıdır.

Biyoteknoloji, canlı organizmaların metabolik yeteneklerinden yararlanarak yenilikçi çözümler sunmaktadır. Bu şekilde, belki de tıp için bir 'bisiklet' olarak, organizmaların ve bileşenlerinin biyolojik özelliklerinden yararlanarak hastalıkları teşhis etme, tedavi etme ve yönetme yeteneğimizi artırır. İstenen özelliklere sahip genetiği değiştirilmiş ürünlerin geliştirilmesini, verimliliğin artırılmasını ve zararlılara, hastalıklara veya çevresel koşullara karşı direnç gösterilmesini sağlayarak tarımsal kapasiteleri artırır. Kaynak kullanımını en aza indirirken artan küresel nüfusu besleme yeteneğimizi artırabilir ve kirleticileri temizleme, atıkları yönetme ve biyoyakıtlar gibi sürdürülebilir alternatifler geliştirme kapasitemizi geliştirebilir. Bu bir bisiklet için çok fazla ve aslında tamamen daha derin bir şeyi işaret ediyor. Ve en az Eric Schmidt'in dediği gibi, yapay zeka ve Biyoteknoloji'nin açtığı yolda henüz ilk adımlarımızı atıyoruz.

Genomları manipüle etme becerisi, biyolojiyi insan ve ekolojik ihtiyaçlara hizmet edecek şekilde yönlendirme becerisinin önünü açıyor; sentetik biyoloji, yapabileceklerimizin ve kullanabileceklerimizin kapsamını genişleten yeni işlevlere ve özelliklere sahip yeni biyolojik bileşenlerin, sistemlerin ve hatta tüm organizmaların inşasına izin veriyor; doku mühendisliği, rejeneratif tıp, biyo-bazlı malzemeler gibi. Biyoteknoloji, kapasitelerimizi geliştirmekten daha ziyade, çevremizdeki dünyayla ilişki kurmanın tamamen yeni yollarını yaratmaktadır. Bu yeteneklerle birlikte, teknolojinin rolü ve insanlığın becerileri yeni bir derinlik ve önem kazanmaktadır. [4]

### **KAYNAKLAR**

[1] **Get Ready For An Explosion Of Productivity In Biotechnology**, Eben Bayer, 29 Temmuz 2022, Forbes

[2] **The Future of Biotech**, Structural Drivers Of The Future Technology Trends, Nisan 2021

[3] **Colourful Types of Biotechnology**, 20 Kasım 2022, BioTechBug [erişim 27.9.2023, <https://www.biotechbug.in/2021/05/colourful-types-of-biotechnology.html>]

[4] **AI & Biotechnology Show It's Time To Think Past Bicycles For The Mind**, Eben Bayer, 15 Mayıs 2023, Forbes