

Çevre Kirlenmesinin Önlenmesinde ve Kirliliğin Ortadan Kaldırılmasında Biyoteknolojinin Rolü

Yrd.Doç.Dr., Bilge Kağan ŞAKACI

**Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler
Fakültesi Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü**

Demokrasi Platformu ♦ Yıl:9 – Sayı: 34 ♦ 2013/II, S.187-206

Giriş

Binlerce yıldır, insanlar farkında olmadan biyoteknolojiden yararlandı. Ek-mek yapımında mayadan, yoğurt ve peynir yapımında sütün bakteriyile ekşitilmesinden faydalandı (Başaga ve Çetindamar 2000: 31-32).

Yaşam tarzına bağlı olarak kullanılan bu süreçler, temel biyolojik bilimlerde ortaya çıkan gelişmeler ve bunlara paralel teknolojik-bilimsel yeniliklerle daha kontrollü uygulanmaya başlanmıştır. Biyoteknoloji, 20. yüzyılın sonlarında ve 21. yüzyılın başlarında rekombinant DNA teknolojisi, genom bilimi gibi uygulamalarla daha hızlı bir ilerleme göstermiştir. Biyoteknolojinin gelişimine duyulan ihtiyacı, doğal kaynakların kullanımının sınırlı olması, doğal kaynaklardan izole edilen bir ürünün kontaminasyon riski taşıması, bazı hücrelerin büyük ölçekte üretiminin güç olması ve maliyet gibi faktörler arttırmıştır.

İlk defa biyoteknoloji terimini Karl Ereky kullanmıştır. Ereky biyoteknolojiyi, "biyoteknolojik sistemler yardımıyla hammaddelerin yeni ürünlere dönüştürüldüğü işlemlerdir" şeklinde tanımlamıştır. O zamanki biyoteknoloji uygulamaları için bu tanım yeterliydi. Çünkü biyoteknolojik sistemler hiçbir değişikliğe uğratılmadan kullanılmaktaydı. Ancak biyoteknolojinin kapsamı moleküler seviyede başlayan çalışmalarla genişleyerek bir çok açıdan farklı tanımlanan modern biyoteknoloji ortaya çıkmıştır (Hüseyin vd. 2013: 32).

Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'ne göre ise biyoteknoloji¹, "Özgün bir kullanım amacıyla ürünler veya prosesler meydana getirmek veya varolanları değişime uğratmak üzere biyolojik sistemlerin, canlı organizmaların veya bunların türevlerinin kullanıldığı her türlü teknolojik uygulama" olarak tanımlanmaktadır. En genel şekliyle biyoteknoloji, "sorunların çözülmesi ve yararlı ürünlerin üretilmesi amacıyla biyolojik süreçlerin kullanılması" olarak betimlenebilir (Başaga ve Çetindamar 2000: 31-32).

Çalışmanın birinci bölümünde tarihsel olarak biyoteknolojinin izlediği yol analiz edildikten sonra, ikinci bölümde de biyoteknolojinin yarar-zarar ve belirsizlikleri üzerinde durulacaktır. Çevreyle ilgisi tartışıldıktan sonra Türkiye'deki biyoekonominin durumu analiz edilecektir. Çalışmanın amacı, biyoteknolojinin çevrenin kirlenmesinin önlenmesinde ve ortadan kaldırılmasında ne kadar etkili olduğunun analizi ve bu bağlamda bir çözüm seçeneği olup olmadığının tespitidir.

Tarihsel Gelişim

Biyoteknoloji tarihsel olarak 3 evrede incelenebilir:

1. Geleneksel Biyoteknoloji Dönemi
2. Ara Dönem
3. Modern Biyoteknoloji Dönemi

1. Geleneksel Biyoteknoloji Dönemi

Ereky'nin tanımladığı biyoteknoloji çerçevesinde, hiçbir modifikasyona uğratılmadan biyolojik sistemler (genellikle maya, bakteri, mantar) kullanılmaktaydı. Bu dönemde, biyolojik sistemlerden, teknoloji ve bilgi birikimiyle yoğurt, peynir, ekmek, alkol vb. maddelerin üretilmesinde yararlanılmıştır. Bu çerçevede, biyoteknolojinin geçmişten bugüne kullanılan yaygın uygulamalarından bazıları, sütün yoğurt veya peynire çevrilmesi, şarap veya bira fermantasyonu gibi işlemlerdir. Bu birinci dönem "fermantasyon teknolojisi"ne yönelik üretimi kapsamaktadır (Erçetin 1999: 169; Hüseyin vd. 2013: 32).

2. Ara Dönem (1940-1973)

Bu dönemde, sanayide biyolojik sistemlerin kullanım alanları genişletilmiş, üretimde bazı küçük tekniklerin ilavesiyle geliştirilmiş ve artırılmıştır. Antibiyotik, karbonhidrat, protein, enzim, alkol, organik asitler vb. gibi

maddeler fazlaca üretilmiştir. Bu dönem de birinci dönem gibi “fermantasyon teknolojisine” dayanmaktadır (Hüseyin vd. 2013: 32).

3. Modern Biyoteknoloji Dönemi (1973-)

Modern biyoteknoloji kapsamında “organizmanın yaşamı için gerekli bütün bilgilerin toplandığı ve kodlandığı genom kitaplığının kurulması ve arzu edilen genin izolasyonu”, gen regülasyonunun saptanması, hibrit hücreler elde edilmesi, nükleotit dizisinin tespit edilmesi ve bu dizilerde değişiklik yapılması ya da başka organizmaya aktarılması mümkündür. Bu teknikler yardımıyla antibiyotikler, enzimler, proteinler, hormonlar, monoklonal antikorlar, sitokinler, biyoteknolojik aşular, teşhis koyma ve tedavi araştırmalarında kullanılan tarı maddeleri ve kimyasalların üretilmesi gerçekleştirilmektedir. Modern biyoteknoloji yüksek büyüme potansiyeline sahip, yenilikçiliğe açık bir teknolojidir (Hüseyin vd. 2013: 32).

Modern ve gelişmiş tekniklerin biyolojik sistemlere uygulanmasına ilişkin çalışmaları içermektedir. “Mutasyonlar ya da rekombinant DNA teknolojisi yardımıyla oluşturulan yeni fenotipik karakter taşıyan mutantlar veya transgenetik organizmalar” sanayide ve tüm alanlarda yoğun şekilde kullanılmaya başlanmış ve bu kullanım devam etmektedir. Biyoteknoloji giderek “genetik mühendisliği uygulamalarının tıbbi, zirai ve endüstriyel biyolojik maddelerin üretilmesi amacıyla kullanılmasını” kapsamaktadır. Bundan dolayı biyoteknoloji, 20. yüzyılın sonlarında disiplinlerarası ve uygulamalı bir alan, “moleküler genetik” ve “rekombinant DNA teknolojisi” olarak tanımlanmaktadır.

Artık bu teknoloji,

Bir organizmanın genomlarında bulunan tüm bilgileri ve şifreleri değiştirmeyi; aynı ya da farklı cinse ait organizmalara DNA sekansları veya genleri aktarmayı, istenilen DNA baz sıralarını veya genlerini çıkarmayı, başka organizmalara aktarmayı ya da birleştirmeyi; DNA ve RNA baz sıralarını belirlemeyi, gen haritaları çıkarmayı; transgenetik hayvanlar, bitkiler, mikroorganizmalar üretmeyi, genetik düzeyde embriyolarda düzenlemeler yapmayı, yeni fenotip ve genotipte canlılar oluşturmayı, proteinler, enzimler, antibiyotikler hormonlar gibi tanılama, tedavi, koruma ve araş-

tırmalarda kullanılan maddeler, kimyasallar üretmeyi olanaklı kılmaktadır (Erçetin 1999: 170).

Modern biyoteknolojinin temellerini 1973'te Stanford Üniversitesi'nden Cohen ve Boyer, bir canlıdan aldıkları bir geni başka bir canlıya naklederek attılar. Bu olayın hemen ardından, "organizmalar üzerinde yapılan bu türden deneylerin endüstriyel uygulamaları" konusu gündeme geldi ve dolayısıyla yatırımcılar da konuyu ayrıntısıyla ve dikkatle incelemeye başladı. Bu alanda bir sanayinin biçimlenmesine, çaresiz olarak görülen hastalıklara çözüm bulunacağı yönündeki inanç da neden oldu. Yeni kurulan biyoteknoloji şirketleri, "üniversitelerden çıkan önemli düşünce ve buluşların uygulanmasında köprü görevi üstlenerek" milyarlarca dolarlık bir ekonomik değer yarattı, binlerce kişiye istihdam olanağı sağladı, uydu sektörler oluşturdu. Bu sayede önümüzdeki yüzyılların teknolojilerinden biri haline geldi.

20. yüzyılda, aseton yapımındaki fermentasyon teknolojisi, I. Dünya Savaşı'nda patlayıcı madde üretmek üzere endüstriyel olarak kullanıldı. 1940'lı yıllarda bu teknolojinin kullanımı antibiyotik üretiminde daha da yaygınlaştı. 1970'li yıllardan günümüze kadar olan dönemde "hem proteinler ve metabolik döngülere ilişkin bilgimiz arttı hem de DNA'nın enzimler aracılığı ile kesilip, değiştirilebilmesi ve bir canlıdan bir başkasına nakledilebilmesini mümkün kılan teknolojiler gelişti". Öte yandan temel bilim buluşlarını kısa sürede yararlı ticari ürünlere dönüştürebilmesiyle biyoteknoloji kendi talebini de oluşturabildi (Başaga ve Çetindamar 2000: 31-32). Biyoteknoloji çok-disiplinli bir niteliğe sahiptir. Günümüzde biyoteknoloji çalışmalarında birbirinden farklı alanların yöntem ve bilgileri kullanılır. Bunlar genetik, embriyoloji, hücre biyolojisi, mikrobiyoloji, moleküler biyoloji, hayvan doku kültürü, biyokimya gibi biyolojik bilimlerin yanısıra biyoenformatik, kimya mühendisliği, biyoproses mühendisliği... şeklindedir (Hüseyin vd, 2013: 32). Biyoteknoloji; canlı organizmaların ya da canlılığın moleküler temellerini meydana getiren işleyiş ve kavram kurallarının kullanımı ile geliştirilen teknolojileri ve teknolojik ürünleri içeren bir teknoloji alanıdır.

Modern biyoteknoloji ile geleneksel biyoteknoloji birçok açıdan farklı alanlardır. Modern biyoteknoloji yenilikçiliğe açık, çok hızlı büyümesine rağmen potansiyeli sınırsız, fakat "moleküler biyoloji"de yapılan temel bilim altyapısına ve araştırmalarına sıkı sıkıya bağımlı bir teknolojidir. Geleneksel biyoteknoloji ise oturmuş ve doymuş bir teknolojidir. Modern biyoteknoloji, ülkelerin geleneksel tarım ekonomilerini (özellikle transgenik bitkilerle) yoğun bir biçimde etkileyebilecek bir aşamadır. Tıpta ise insan

sağlığının korunmasında önemli katkıları katlanarak büyümektedir. Ekonomik verimliliği hayvancılıkta ve endüstriyel üretimde çok yüksek seviyelere çekerken, geri kalmış ülkelerde dışa bağımlılığı arttıracaktır. Öte yandan, çevrenin korunması ve biyolojik açılardan, bilinçsiz ve kontrolsüz uygulanması durumunda birçok riskler taşımaktadır. Diğer bir risk ise ekonomik ve askeri savaş aracı olarak kullanılmasıdır. Ayrıca genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) ve ürünlerinin özellikle uzun dönemde, insan sağlığı üzerinde yaratabilecekleri etkiler konusunda henüz yeterli bilgi yoktur (DPT 2000: 4).

Türkiye’de, özellikle 1960’lı yıllardan itibaren klasik biyoteknolojik süreçlerle üretim yapan fermantasyon endüstrisinin gelişme göstermeye başlamasını, 1970’li yıllardan başlayarak da büyük bir çeşitliliğe doğru ilerlediğini görmekteyiz. Maya, antibiyotik, sitrik asit, asetik asit üretimi yapan orta ve büyük ölçekli işletmeler sözkonusu çeşitlilik içinde yer almıştır. 1983’ten sonra gümrük korumacılığını kaldıran hükümet politikaları sonucunda özellikle antibiyotik üretimi ve bu alanda planlanan gelişmeler büyük darbe almıştır. Fermantasyon endüstrisinin bazı işletmelerinin teknolojik altyapı yetersizliği de uluslararası rekabeti olumsuz yönde etkilemiş ve kapanmak zorunda bırakmıştır. Teknolojik, araştırma-geliştirme etkinlikleri ve yetişmiş insan gücü bakımından kendini yenileyebilen fermantasyon kuruluşları uluslararası alanda rekabet etme potansiyelini arttırarak yüksek dışsattım gücüne ulaşmışlardır. Klasik biyoteknolojik süreçlere bağlı olan fermantasyon endüstrisi Türkiye’de istenilen seviyede bir gelişme gösterememiştir (Kolonkaya 2001: 5). Türkiye’de modern biyoteknolojinin öneminin kavranması ise son 25-30 yıllık dönemi kapsamaktadır.

Yarar- Zarar ve Belirsizlik

Biyoteknoloji, birçok alanda istenen niteliklerin, başka canlılardan bitkiler, canlı organizmalara aktarılması vasıtasıyla yarar sağlarken, belirsizlik ve riskleri de mevcuttur. Dolayısıyla bu alandaki çalışmaların;

1- Yarar ve riskleri değerlendirilirken, çevre, sağlık ve sosyo-ekonomik risklerinin etik bağlamında ele alınması geleceğe dair faaliyetlerde yardımcı olacaktır.

2- Özellikle olumsuz sonuçların ortadan kaldırılması açısından politikaların bilim ve teknolojideki yeniliklerin olası sonuçlarının ne türden değişimlere yol açabileceği gerçeğinin gözönünde bulundurulması gerekir.

Biyoteknoloji’nin insanlığa çevre, tıp, ilaç, gıda ve enerji alanındaki kullanımının büyük faydalar sağlayacağı düşüncesi insanı iyimserliğe iterken,

bu teknolojinin kullanımının olumsuz sonuçlarının olabileceği de insanı kötümserliğe itebilmektedir (Erbaş 2008: 2-3). Biyoteknolojinin çok önemli çevresel, sosyal ve ekonomik yararları vardır. Biyoteknolojinin en önemli kullanım alanları çevre, gıda, tarım, tıp, hijyen, kimya, aydınlatma, metalürji, madencilik, enerjidir. Öte yandan biyoteknolojinin yararları çevre, tarım ve gıda işleme, beslenme ve gıda, sağlık olarak belirlenmiştir. Çevresel yararlar, suyun ve toprağın korunması ile kimyasalların kullanımının azaltılmasıdır (Özgen vd. 2007: 39).

Genetik mühendisliği, doğada asla çiftleşmeyecek olan farklı türler arasında gen transferine olanak sağlamaktadır. İnsan genleri bir koyuna, domuza, bir balık geni domatese transfer edilebilir (Ho 1999: 37). Hiçbir gen tek başına, bağımsız çalışmadığından, bir organizmaya transfer edilen gen ya da genlerin daima, istenmeyen ve beklenmeyen yan etkileri olabilecektir. Öte yandan, böceklerle ve hastalıklara direnç göstermeleri için değiştirilen transgenik bitkiler hiç değiştirilmemiş bitkilerden daha yüksek bir alerjik potansiyele sahiptir (Ho 1999: 132).

Uygulanmakta olan biyoteknolojik yöntemlerle bitkisel ürünlere aktarılan genler "bitki, bakteri ve virüs" kaynaklıdır. "Aktarılan yeni özelliklerden veya kullanılan teknolojiye taşıyıcı olan veya değiştirilerek çevreye bırakılan mikroorganizmaların toprak mikroorganizma yapısına etkileri konusunda tereddütler vardır." Doğal ortam, geliştirilen mikroorganizmaların ortama egemen olması durumunda bozulacaktır. Dolayısıyla çevrede bir dengesizlik ortaya çıkabilecektir. Öte yandan, "virüslerden alınan genlerin dayanıklılık özelliğini diğer virüslere transfer etmesi durumunda virüslerde istenmeyen bir dayanıklılık oluşacağından bu durum çevre için ayrıca bir risk oluşturacaktır" (Başaga ve Çetindamar 2006: 67-68).

Ekosistemler çok karmaşık bir yapıdadır. Yeni organizmaların sistem içine girmesiyle (özellikle transgenik bitkiler gibi) bazı bilinmeyen risklerin ortaya çıkması beklenebilir (Özgen, vd. 2005: 328). Her ne kadar bitkilere transfer edilen kimi genlerin genellikle "hedefte olmayan organizmalara önemsenmeye değer zararlar vermektedir" şeklindeki görüş bulunmasına karşın örneğin transgenik polenlerin kral kelebeklerin lavralarına da zarar vermekte olduğu tespit edilmiştir (Losey vd. 1999: 214). Ayrıca, diğer kimi yararlı böceklerin öldüğü ve bu böceklerle beslenen kuş ve arıların zarar gördüğü tespit edilmiştir. "Dayanıklı çeşitlerin oluşturduğu baskı sonucunda, zararlıların tepkilerini değiştirme olasılıkları vardır." Transgenik bitkilerin kalıntılarındaki toksik maddelerin suya ve toprağa geçebileceğine dair araştırmalar bulunmaktadır. Genetik olarak değiştirilmiş bitkilerin çiçek

tozlarının arı, böcek, kuş, mantar, rüzgar ve bakterilerce taşınması sonucu, uzaktaki bitki türlerinin etkilenmesi ve genetik kirlilik oluşması mümkündür (Özgen vd. 2007: 41).

Genel olarak, biyoteknolojinin çevreyle ilgili yararları ve riskleri aşağıdaki tablodaki gibidir.

| BİYOTEKNOLOJİNİN YARARLARI | BİYOTEKNOLOJİNİN RİSKLERİ |
|---|--|
| Çevresel Yararlar | Çevresel Riskler |
| Kimyasal pestisitlerin kullanımının azalması. | Ekolojik dengenin tehdit edilmesi. |
| Ürünlerin zararlı böceklere karşı savunma yeteneklerinin geliştirilmesi. | Genetiği değiştirilmiş organizmaların çevreye salınım riski. |
| Kimyasal pestisitlere ihtiyacın azaltılması ve saf dışı bırakılması. | Ekolojik denge üzerine tahmin edilemeyen etkiler. |
| Yabani ot kontrolünün daha seçici yapılması ve çevreye dost herbisitlerin kullanılması. | |
| | |
| Su ve Toprak Koruma | Biyolojik Çeşitliliğin Azaltılması |
| Gübrelerin etkinliğinin artırılması ve toprak yüzeyinin korunması. | Birçok ikiz sığırdan oluşan hayvan sürülerinin yaratılması ve tek süper ürün cinsi geleneksel tür ve cinslerin neslinin tükenmesi önderlik eder. |
| Çiftlik hayvanlarının atıklarında zararlı fosforun azaltılması (Düşük phytic asit ürün ve fitoz gıda) | Tek cins veya tür, nadir bulunan zararlı ² veya hastalıkların yok edilmesinde farklı türlerin kombinasyonundan daha etkili olması. |
| Gübrelerin daha etkili kullanımıyla aşırı toprak besinlerinin azaltılması. | |
| Sera gazı etkilerinin karbonun toprakta tutulması ile azaltılması. | |

Kaynak: Biyoteknoloji Endüstrisi Kurumu, 1999 (Akt: Wansing and Kim 2000: 251-252).

² Pest: 'Bitkilere zarar veren küçük hayvan, böcek, mantar vb.' (<http://www.sozluk.net/>).

Çevrenin Kirlenmesinin Önlenmesinde Ve Ortadan Kaldırılmasında Biyoteknolojinin Rolü

Biyoteknolojide, ilaç ve gübre kullanımını azaltacak nitelikte çeşitler geliştirilmesi, yeraltı sularının ve toprağın kirlenmesinin dolayısı ile çevre kirliliğinin azaltılmasına katkı sağlama yönünde umut vermektedir. Toksik ağır metallerin kirlettiği topraklar, tortular ve yüzey suları, bitki ya da organizmalarda yapılacak değişiklikler ile temizlenebilmekte ya da daha az toksik hale dönüştürülebilmektedir (Özgen vd. 2007: 39).

Biyoteknoloji konusunda küresel düzeyde basın ve kamuoyunun tavrı ve sağlık alanındaki tartışmaları devam ederken "çevre biyoteknolojisindeki gelişmelerin geleneksel üretim süreçlerini değiştirmesi" dikkat çekicidir. Bugün bir üretim sürecinin sürekliliği çevre biyoteknolojisi uygulamalarının bu endüstriyel üretim sürecinde nasıl ve ne kadar kullanıldığına bağlıdır. Çevre biyoteknolojisi uygulamaları, "yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını arttırmak, kirlilik seviyeleri düşük olan prosesleri dizayn etmek, toksik atıkların azaltıldığı veya geri dönüşümlerinin planlandığı ve artıkların yeniden üretime katıldığı üretim süreçlerini geliştirmeyi amaçlamaktadır." (Hüseyin vd. 2013: 35). Çevre biyoteknolojisi, sürdürülebilirliğin sağlanması için canlı organizmaları ve onlardan elde edilen ürünlerin çevre kirliliğinin önlenmesinde ve zararlı atıkların arıtımında kullanılmasını içerir (Akkaya ve Pazarlıoğlu 24).

Birbirinden çok farklı organik madde türü içeren endüstriyel veya evsel atıksular için uygulanan en yaygın arıtma yöntemleri arasında biyolojik süreçler yer almaktadır. Bundan dolayı, atıksuların biyolojik arıtılabilirlik bazlı karakterizasyonu, günümüz çevre biyoteknoloji anlayışı uyarınca giderek artan bir biçimde önem kazanmaktadır. Yüksek miktarda organik madde içeriğiyle karakterize edilen endüstriyel atıksuların arıtımında, biyolojik süreçler daha düşük maliyetli olmaları nedeniyle diğer süreçlere tercih edilmektedir. Deri endüstrisi atık suyundan organik madde giderimi için de en uygun arıtma alternatifi olarak biyolojik süreçler kullanılmaktadır (Doğruel ve Babuna 2006: 93). Atıksulardan demir (Fe^{2+}) de biyoteknolojik yöntemlerle arıtılabilir (Güler 1997: 1)

Doğal mikroorganizmalarla atıkların arıtımının yapılması da çevre biyoteknolojisi uygulamaları arasındadır. "Parçalaması zor olan bazı atıkları arıtılabilmek için genetik değişikliğe uğramış mikroorganizmaların kullanımı mümkün olmaktadır." Çevre biyoteknolojisinde atık maddelerin içindeki kükürt ve metilen klorit gibi toksik maddelerle beslenen bakterilerden ya-

rarlanılır. Bu tür bakterilere dayanan biyoremediasyon³ yöntemi, iki biçimde uygulanabilir. Atıkların döküldüğü bölgeye besin aktarımı yapılarak, toprağın bakteri kompozisyonuna göre toprakta mevcut bulunan bakteriler harekete geçirilir ya da toprağa yeni bakteriler aktarılır. Bakteriler “zararlı atıkları zararsız yan ürünlere dönüştürdükten sonra ya ölürler ya da sayıları normal popülasyon düzeyine gelir ve ekolojik dengenin bozulması engellenmiş olur.” Atık sulara yeniden kullanabilme özelliği kazandırılması çevre biyoteknolojisinin önemli görünümünden biridir (Özgen vd. 2007: 38). Örneğin kağıt endüstrisinde toksik bileşenlerin arıtılması amacıyla fungus kullanılmaktadır. Yine geniş alana yayılmış olan “petrol ve petrol türevleri, gazolin, tetrakloretilen (TCE) ve klorlu aromatik hidrokarbonlar gibi organik ya da inorganik bileşiklerin mikroorganizmalar tarafından kolayca detoksifikasyona uğratılması biyoremediasyon dahilinde değerlendirilmektedir.” Bazı bitkilerden de mikroorganizmaların yanı sıra arıtma işlemlerinde yararlanılmaktadır. Örneğin “ağır metalleri depolayarak uzaklaştıran bitkilerin” kullanım imkanları üzerine araştırmalar, çalışmalar sürmektedir (Hüseyin vd. 2013: 35).

Biyoteknoloji ile yaratılan biyolojik dönüşüm reaktörlerinin (biyoreaktör) kirletici ve çöpleri absorbe ederek, küçük veya zehirsiz (toksik olmayan) maddelere parçalaması çevre kirliliği açısından önemli bir çözümdür (Xue ve Tisdell 1999: 2). Çevresel biyoteknolojinin bir diğer uygulama alanı ise kirliliklerin belirlenmesi ve çevresel koşulların kontrolünde kullanılan biyosensörlerdir (Özgen vd. 2007: 38).

Çevre kirliliğinin azaltılmasına hem biyoteknoloji ürünleri hem de üretim yöntemlerinde kullanılan tekniklerin önemli katkısı olmuştur. “Deterjanlarda enzimlerin kullanılmasıyla birlikte çok daha düşük ısıda oluşan atıkların temizlenmesi olanaklı hale gelmektedir”. Beyaz biyoteknoloji ürünü olan deterjanların endüstriyel temizlikte, çamaşır ve bulaşık yıkamada kullanımını “enerji, kimyasal madde ve su kullanımından” tasarruf edilmesine olanak sağlamaktadır. “Temiz deterjanlar(!)” daha temiz bir dünya / doğa sloganıyla üretilmektedir. Temiz deterjanlar (2006 verilerine göre) sadece

³ Biyoremediasyon, “toksik atıkların arıtımı ve kirlilik kontrolü amacıyla mikroorganizmaların ve bunlardan elde edilen enzimlerin kullanımı esasına dayanan uzun süreli arıtım prosesleri olarak” tanımlanabilir. Biyoremediasyon, bir biyoteknolojik yaklaşım olarak özellikle çevre kirliliğinin giderilmesinde ve önlenmesinde etkilidir. Bu çerçevede önem kazanmaktadır (Hüseyin vd. 2013: 35).

Danimarka'da CO² yayılımının yılda 38 bin ton azalacağı anlamına da gelmektedir.

Çevresel etkileri daha az olan seçeneklerin "peynir üretiminde" sunulması da biyoteknoloji sayesinde mümkün olmuştur. Benzer şekilde pamuk üretiminin çevre üzerindeki etkilerinin biyolojik tekniklerin kullanımıyla azaltılması da mümkündür. Bu sayede su ve enerji tüketimi azalacak, ayrıca zarar vermeden pamuğu temiz hale getirmek mümkün olabilecektir.

Rusya'nın Vavilov Araştırma Enstitüsü'nde yapılan araştırmaya göre (2004) biyoteknoloji "biyolojik çeşitliliğinin azalmasının önüne geçilmesinde en büyük etken"dir. Çünkü biyoteknoloji için biyolojik çeşitlilik gereklidir (Başaga ve Çetindamar 2006: 115).

Sentetik boyar maddeler, boya ve tekstil işletmeleri tarafından kullanılmakta ve bu işletmelerden çevreye bırakılan atık su içerisinde önemli bir kirlilik faktörü olmaktadır. Boyar maddelerin (düşük maliyetle ve kısa sürede) beyaz çürükçül fungus olan *Trametes versicolor* tarafından ileri düzeyde metabolize edilerek ortamdaki elimine edildiği tespit edilmiştir (Mericimek 2007: I)

Diklor metan ve benzeri kanser yapıcı kimyasal maddeler çeşitli sanayi faaliyetleri sonucunda çevreye atık olarak bırakılmaktadır. Bunlar, "biyoreaktörlerde bakteriler tarafından salgılanan enzimler vasıtasıyla parçalanarak zararsız ürünlere dönüştürülebilmektedir. Bilim adamları bu kabiliyetlerle donatılmış mikroorganizmaları buldukları ortamdaki izole ederek çoğaltırlar. Bu bakterilerin en hızlı geliştiği ortam şartları bulunarak büyük miktarda bakteri üretilir." Bu süreci araştırmacılar teknolojiye aktarıırken, "arıtmanın yapıldığı reaktör içerisinde azot, fosfor, sıcaklık, pH, iz element vs. gibi unsurları faydalı mikroorganizmalar için en uygun hayat şartlarını sağlayacak şekilde düzenlerler." Örneğin "genetik mühendisliğindeki araştırmacılar termofilik (sıcak seven) mikroorganizmaların genlerini, insektisidleri (böcek öldürücü) parçalayabilen mikroorganizmalara aktarmada başarılı olmuşlar ve transgenik (gen transferi yapılan) mikroorganizmaları daha sıcak bölgelerde ve ortamlarda insektisitlerin ortadan kaldırılmasında kullanılabilir hâle getirmişlerdir." Öte yandan sentetik gübreler, ağır metal, radyoaktif element, herbisit⁴ ve diğer toksik maddelerle kirlenmiş ortamların temizlenmesinde transgenik bakterilerin kullanılması konusunda önemli gelişmeler mevcuttur (Altunay 2006).

⁴ Herbisit: "zararlı bitki öldürücü ilaç" (<http://www.gidahareketi.org / NewsPrint.aspx?Id=431&ModuleName=haberleri>).

Petrol pazar ve sanayisinin genişlemesiyle, atık petrol ürünlerinin dağılması, boşaltım sırasında tankerlerden sızma ve patlama sonucu petrol saçılması çevre kirliliği ile sonuçlanmıştır. Biyoremediasyon, belirtildiği gibi, zararlı maddeleri toksik olmayan bileşiklere mikroorganizmalar kullanılarak dönüştüren bir süreç olup, tehlikeli atıkların ve kimyasal sıvıların arıtılması için kullanılan ümit verici tekniklerden biridir. Günümüzde “birçok kent atık sularını temizlemek” için mikroorganizmalardan yararlanmaktadır ve bu sayının hızla artması beklenmektedir. Dolayısıyla çevre biyoteknoloji uygulamaları artacaktır (Ceyhan ve Esmeray 2012: 95).

Kuzey Carolina’da (1975) bir uçağın deposundan sızan (300.000 litre) tolüen, bu bölgede toprak kirliliğine, su kirliliğine ve yer altına sızarak içme suyunun kirliliğine neden olmuştur⁵. Bilinen yöntemlerle suyu arıtmak mümkün olmamıştır. Ancak, o bölgedeki kirlenmiş ortamda:

Bir bakterinin tolüeni metabolize ederek (parçalayarak), zararsız ürünlere (CO², su, enerji) dönüştürme kabiliyetinde olduğu keşfedilmiştir. Daha sonra bu bakterinin optimum çoğalma şartları (pH, sıcaklık, gerekli besi elementleri vs.) tespit edilerek, 1992 yılında biyoteknolojik çözüm üretilmiştir. Bilim adamlarının kirlenmiş bölgedeki toprağa ve yer altı sularına tolüeni parçalayacak bakterileri ve bakterilerin gelişebilmesi için gerekli besin elementlerini ilâve etmesiyle kirlilik seviyesi bir yıl içerisinde % 75 azaltılabilmektedir (Altunay 2006).

Ham petrol taşıyan Valdez tankeri 1989’da Alaska’da karaya oturmuş ve taşıdığı petrol denize dökülmüştür. “Sudan hafif ve viskoz olan ve deniz yüzeyinde biriken petrolün çoğu emme ve filtrasyon gibi tekniklerle uzaklaştırılırken, sahile yakın kısımlarda kayalara, çakıl taşlarına ve kumlara yapışanlar ise bakteriler kullanılarak giderilebilmiştir.” Bu bakteriler kendi enerji ihtiyaçlarını karşılamak için ham petrolü kullanarak onu daha küçük zararsız kimyevi maddelere dönüştürmüştür (Altunay 2006).

Çevre üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle metallerin ve doğada bulunması zor organik bileşiklerin dikkatle izlenmesi ve arıtılması gerekir. Bitkilerle arıtım, metallerin ve kararlı organik bileşiklerin arıtılması için kul-

⁵ Tolüen: “Maden kömürü katranında benzinle birlikte bulunan, eritici ve leke çıkarıcı olarak kullanılan, yanabilir sıvı hidrokarbür (CH).” (www.tdk.gov.tr).

lanulan yöntemlerden biridir. Bitkilerle arıtım sisteminin işletilmesi kolaydır ve ilk yatırım maliyeti düşüktür. Ancak kirliliğin giderim süreci oldukça yavaştır ve bu da kirliliğin bitki dokusunda birikerek zamanla tekrar çevreye (toprak, su ve hava) verilmesine sebep olmaktadır. Bundan dolayı “bitkinin kirliliği daha iyi parçalayabilmesi için genetiği değiştirilmiş bitkilerin kullanımı” gündeme gelmiştir. Yeraltı suyundan ve topraktan diğer bitkilerle giderimi zor olan birçok bileşiğin gideriminde transgenik bitkiler etkili olarak kullanılabilir. Öte yandan arıtım tamamlandıktan sonra transgenik bitkilerin kontrolü çok iyi yapılmalıdır. Herhangi bir şekilde besin zincirine, insanlar ve hayvanlar tarafından tüketilerek dahil edilmesinin önüne geçilmelidir. Transgenik bitkilerle arıtım, gelecekte daha farklı genlerin bulunması ile daha da geliştirilebilir. Biyoteknoloji ve özellikle çevre biyoteknolojisi önemli bir araştırma alanıdır ve bu alandaki araştırmalar-çalışmalar hızla artmaktadır (Çoban vd. 2010: 50-51).

Türkiye’de Biyoteknoloji Politikası

Türkiye biyoteknolojiyle ilgili politika geliştirme anlamında çok yeni bir süreçte değildir. Ancak buna rağmen henüz nasıl bir politika izleneceği konusunda netlik yoktur (Erbaş 2008: 18-19). Türkiye’de Kalkınma Bakanlığı (DPT), TÜBİTAK, TÜBA ve TTGV (Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı) gibi farklı kuruluşlar biyoteknoloji stratejilerini belirlemede etkili olmaktadır. Temel dokümanlardan bazıları: Türk Bilim Politikası, Türk Bilim ve Teknoloji Politikası, Vizyon 2023: Bilim ve Teknoloji Stratejileri, Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi, Sekizinci ve Dokuzuncu Kalkınma Planı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik Özel İhtisas Komisyonu, Dokuzuncu Kalkınma Planı Bilim ve Teknoloji Özel İhtisas Komisyonu şeklindedir (Erbaş 2008: 19).

Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi’ne göre, insanlığa daha kaliteli ve sağlıklı bir yaşam için “modern biyoteknoloji” eşi görülmemiş fırsatlar yaratmaktadır. Bu fırsatları gelişmiş ülkeler hızlı bir şekilde ekonomik faydaya dönüştürmeyi başarmış ve ekonomilerinin itici güçlerinden biri de biyoteknoloji sektörü olmuştur. Bu gelişmeler karşısında Türkiye henüz tutarlı ve kararlı bir tavır almamıştır (Tübitak 2004: 18).

Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik Özel İhtisas Komisyonu raporuna göre ise, Türkiye’de biyoteknoloji ile ilgili gerek sanayi uygulamalarında gerekse temel bilim ve araştırma-geliştirme (Ar-Ge) çalışmalarında somut bir birikim, ulusal bir kimlik ortaya çıkma-

mıştır (DPT 2000: 5). Biyogüvenlik⁶ konularında gerekli yasal düzenlemeler ve kontrol sistemleri yatırımları da göz ardı edilmiştir. Bu durumun başlıca iki nedeni olduğuna inanıyoruz. Birinci ve temel neden, modern biyoteknolojileri geliştirmek ve uygulamak için en vazgeçilmez koşul olan, temel bilim çalışmalarının ve bu çalışmaları gerçekleştirmek için gerekli olan teknik altyapı ve yetişmiş insan gücünün, ülkemizde yok sayılabilecek bir düzeyde olmasıdır. İkinci neden, ulusal kaynakların, bu alanda gerekli olan yatırımlara aktarılmaması ve aktarılan sınırlı kaynağın verimsiz olarak kullanılmasıdır. Oysa, biyoteknoloji bir çok açıdan, Türkiye için gerçekleştirilebilir ve gerçekleştirilmesi koşul olan bir teknoloji alanıdır. Ayrıca Türkiye modern biyoteknoloji ürünleri için cazip bir pazardır (DPT 2000: 5).

Dokuzuncu Kalkınma Planı'nda geleceğe yönelik olarak, öncelikli olarak desteklenecek alanlardan biri olarak biyoteknoloji sayılmaktadır (Dokuzuncu Kalkınma Planı 2006: 75) (md. 482). Plana göre, küresel ortamda gelişmekte olan ülkelerin rekabetçi konumlarını sürdürebilmeleri ve güçlendirebilmeleri için "yenilikçiliğe önem verilmesi, bilim ve teknoloji kapasitesinin artırılması, beşeri sermayenin geliştirilmesi, bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkin biçimde kullanılabilmesi" büyük önem taşımaktadır. Biyoteknoloji, nanoteknoloji ile birlikte bu çerçevede öne çıkacak alanlar olarak görülmektedir (Dokuzuncu Kalkınma Planı 2006: 5) (md. 16).

Sağlık Bakanlığı Stratejik Plan'a göre, "sağlık nanoteknolojisi ve biyoteknoloji alanında araştırma-geliştirme çalışmaları yapan kuruluşlara destek programları oluşturmak" Sağlık Bakanlığı'nın hedeflerinden biridir. (T.C.Sağlık Bakanlığı Stratejik Plan 2012: 116).

Öte yandan Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi Biyogüvenlik Cartagena Protokolü Türkiye'de 4898 sayılı kanunla 2004 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu düzenleme ile çevre ve kalkınma konusunda "ön tedbirci yaklaşım" benimsenmiştir. Türkiye Cartagne Biyogüvenlik Protokolü'nü 2003 yılında kabul etmiştir. Biyogüvenlik ile ilgili düzenleme ise (5977 Sayılı) ise 2010 yılında kanunlaşmıştır. Protokolde "birçok ülkenin, özellikle de gelişmekte olan ülkelerin doğa ve değiştirilmiş canlı organizmaların bilinen ve potansiyel risklerinin ölçeği ile baş etme konusundaki sınırlı kapasiteleri" gözönüne alınmıştır. Ayrıca "modern biyoteknolojinin çevre ve insan sağlığı için yeter-

⁶ Biyogüvenlik: Modern biyoteknoloji tekniklerinin, uygulamalarının ve ürünlerinin insan sağlığı ve biyolojik çeşitlilik üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkilerin belirlenmesi sürecini (risk değerlendirme) ve belirlenen risklerin meydana gelme olasılığının ortadan kaldırılması ya da meydana gelme durumunda oluşacak zararların kontrol altında tutulması için (risk yönetimi) alınan tedbirleri kapsayan bir kavramdır (Başaga ve Çetindamar 2006: 68).

li güvenlik tedbirleri ile birlikte geliştirilmesi ve kullanılması halinde insanlığın refahı için büyük potansiyele sahip olduğu" kabul edilmiştir⁷.

Özetle aşağıda yer alan metin üzerinde anlaşmaya varılmıştır:

Çevre ve Kalkınma Hakkındaki Rio Deklarasyonunun 15 numaralı prensibinde yer alan ön tedbirci yaklaşıma uygun olarak, bu Protokolün amacı insan sağlığı üzerindeki riskler göz önünde bulundurularak ve özellikle sınır ötesi hareketler üzerinde odaklanarak, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımı üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilecek ve modern biyoteknoloji kullanılarak elde edilmiş olan değiştirilmiş canlı organizmaların güvenli nakli, muamelesi ve kullanımı alanında yeterli bir koruma düzeyinin sağlanmasına katkıda bulunmaktır.(Madde 1)⁸.

Türkiye'de Biyoekonomi

Araştırma merkezleri ve üniversiteler tarafından biyoteknolojide yürütülen temel araştırmalar önemlidir. Öte yandan biyoteknolojide bir ülkenin küresel etkiye sahip olabilmesi bu araştırmaların "inovatif süreç, ürün ve/veya hizmete dönüştürülmesi ve ticarileştirilmesine" bağlıdır. Bu da ülkenin biyoteknoloji politikaları, yasal düzenlemeleri, fikri mülkiyet hakları yapısı ve kamu destek mekanizmaları ile yakından ilgilidir. Ülkenin yatırım ortamı ve sektöre ilişkin düzenlemeleri; sektördeki birleşme ve satın almalar, büyük yabancı şirketlerin küçük yerli şirketleri ile yaptığı işbirliği anlaşmaları için önem taşımaktadır. Bahsedildiği gibi Türkiye'de henüz biyoteknoloji ile ilgili olarak özel bir yol haritası oluşturulamamıştır. Öte yandan bu çabalar 7. Kalkınma Planı ile kurulan Biyoteknoloji İhtisas Komisyonu oluşturulması ile başlamıştır.

Birçok ülke küresel rekabet gücü kazanma ve ekonomik büyümede biyoteknolojiyi fırsat olarak görmektedir. ABD biyoteknoloji sektörünün lideridir. Öte yandan son yıllarda İrlanda, İsrail, Singapur, Güney Kore, Çin, Hindistan gibi ülkelerde hızla sektör büyümektedir. Bu ülkelerde, nitelikli işgücü yetiştirilmesine yönelik özel eğitim programları yoğunlaştırılmıştır. Yasal düzenlemeler kolaylaştırıcı şekilde yapılandırılmıştır. Genel olarak bakıldığında bu ülkelerde biyoteknolojinin stratejik sektör olarak belirlenip

⁷ Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi Biyogüvenlik Cartagena Protokolü.

⁸ Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi Biyogüvenlik Cartagena Protokolü, Madde 2.

“biyoteknoloji spesifik programlar ve girişim sermayesi fonları gibi” finansal sistemler tasarlandığı görülmektedir (Arslanhan ve Aslankut 2013: 48-50). İlaç ve biyomedikal sektörleri, dünyanın ilk 10 ekonomisinde önemli ileri teknoloji sektörlerindedir. Örneğin ABD’nin dünyadaki toplam biyoteknoloji patentlerinden aldığı pay %41.54, dünya ilaç ihracatından aldığı pay %8.4 ve dünya medikal ihracatından aldığı pay %24.7 iken, Çin Halk Cumhuriyeti’nin dünyadaki toplam biyoteknoloji patentlerinden aldığı pay %2.32, dünya ilaç ihracatından aldığı pay %1.2 ve dünya medikal ihracatından aldığı pay %4.1 ‘dir. Almanya’nın ise dünyadaki toplam biyoteknoloji patentlerinden aldığı pay %7.26, dünya ilaç ihracatından aldığı pay %15 ve dünya medikal ihracatından aldığı pay %13.3 şeklindedir. Türkiye’nin dünyadaki toplam biyoteknoloji patentlerinden aldığı pay %0.02, dünya ilaç ihracatından aldığı pay %0.1 ve dünya medikal ihracatından aldığı pay %0.1’dir. Dolayısıyla Türkiye’nin bu sektörlerin toplam ihracatından aldığı payın ancak binde 1’e ulaşabildiği görülmektedir. Öte yandan Türkiye’nin biyoteknoloji patent⁹ sayısındaki yetersizliği dikkat çekicidir Arslanhan ve Aslankut, 2013: s. 51-52; <http://www.oecd.org/sti/biotech/keybiotechnology-indicators.htm>).

Türkiye’de özellikle son 10 yılda bu konudaki akademik çalışmalar fazlaşmış, üniversitelerdeki ilgili bölümlerin (Moleküler Biyoloji ve Genetik) sayısı artmıştır. Özel sektörde de aynı zamanda bir hareketlenme olmuş, girişimciler tarafından teknoparkta kurulan biyoteknoloji firmaları da çoğalmıştır. Bu artışa karşın biyoteknoloji süreçlerini kullanan firma sayısı 2012’de 96’dır, 2013’de 106’dır. Dağılım ise şu şekildedir:

Biyoteknoloji – Tedavi ve Teşhis 3,

Biyoteknoloji / Ar-Ge Hizmetler 10,

Biyoteknoloji – diğer 17,

Pharma 11,

Tıbbi Teknoloji 9,

Yatırımcı 2,

Profesyonel Hizmetler ve Danışmanlık 7,

Kamu / Kar Amacı Gütmeyen Kuruluşlar / Tıp Facil 15,

Tedarikçi ve Mühendislik 32 ([https://www.biotechgate. Com /tur/info/info.php](https://www.biotechgate.Com/tur/info/info.php)).

⁹ 1998-2006 arası biyoteknolojik patent için ayrıntılı bilgi bkz. Şakacı, Bilge Kağan, “Türkiye’de Biyoteknoloji Sektörü”, Karınca Kooperatif Postası, Yıl: 72, Sayı: 850, 2007, s. 26-28.

Bu sayı diğer birçok ülkenin altındadır. Örneğin, ABD’de 6630, İngiltere’de 2014, Hindistan’da 724, Güney Kore’de 428, İsrail’de 229 ve Avustralya’da 153’tür. Türkiye’nin biyoteknolojideki mevcut durumu, (biyoteknoloji patentlerinin dağılımından da görüleceği gibi)¹⁰ yetersizdir (Arslanhan ve Aslankut 2013: 51-52). Patent verileri Türkiye’de yerli şirketlerin yeteri kadar patent faaliyetlerinde bulunmadığını da göstermektedir.

Ar-Ge’de en fazla payı alan pazar biyoteknoloji olarak bilinmektedir¹¹. “Biyoteknolojide açığa vurulmuş teknoloji gücü¹² ile ülkelerin kişi başına düşen GSYH’ları birlikte değerlendirildiğinde Türkiye’de biyoteknolojiye ilişkin ve dolayısıyla küresel biyoekonomiye yapılan katkıdaki yetersizlik daha da dikkat çekici hale gelmektedir” (Arslanhan ve Aslankut 2013: 52).

Biyoteknoloji kümelenmeleri farklı bilimsel disipline sahip kurum ve kişilerin bir araya gelmelerinden oluşur¹³. Avrupa ülkelerinde biyoteknoloji kümelenmeleri mevcuttur. Bu kümelenmeleri “ülke içi ve ülke dışı diğer Biyoteknoloji Kümelenmeleri ile network aracılığıyla birliktelik” sağlamıştır. Biyoteknoloji sektörü ile ilgili olarak bu sektörü geliştirmek için Türkiye’de kümelenme çalışmalarına başlanmalıdır. AB ülkelerinden Macaristan ve Romanya da Türkiye gibi biyoteknoloji kümelenmesine sahip olmayan ülkelerdir (<http://www.ibm.org.tr/kategoriler.php?kategorino=15>).

Türkiye “son dönemde düşük teknoloji üretimden orta teknoloji bir yapıya” dönüştü, ancak buna karşın ileri teknoloji henüz yetersizdir. Türkiye’nin uluslararası pazardaki payını artırabilmesi ve hedeflerine ulaşabilmesi için “üretim ve ihracatında yüksek teknoloji ürünlerin payını arttırması” kritiktir. Biyoteknoloji patentlerinin ülkelere göre dağılımında Türkiye gerilerdedir ve patent başına maliyet de çok yüksektir. “Verilen desteklerin çıktıya dönüştürülmesi ve temel araştırmaların uygulamaya aktarılması problemi” söz konusudur (Memiş 2013: 2-12).

Sonuç

Biyoteknoloji, canlı yaşamın doğasında bilişim teknolojisinin endüstri alanında yaptığına benzer bir değişimi yapmaya aday görünmektedir. Üze-

¹⁰ <http://www.tpe.gov.tr/portal/default2.jsp?sayfa=136>

¹¹ <http://www.sabah.com.tr/Ekonomi/2013/04/24/biyoteknolojide-us-turkiye>

¹² Biyoteknolojide açığa vurulmuş teknoloji gücü, “Ülkenin biyoteknoloji patentlerinin dünyadaki toplam biyoteknoloji içindeki payının, ülkenin toplam patentlerinin dünyadaki toplam patentler içindeki payına oranı” olarak hesaplanmaktadır. (Arslanhan ve Aslankut 2013: 52).

¹³ Biyokümeler, “üreticiler, tedarikçiler, üniversiteler, ticaret birlikleri ve ilgili devlet kuruluşlarının da yer aldığı biyoteknoloji alanında birbirleriyle bağlantılı şirketler ve ilgili kurumlardan” meydana gelir (Hüseyin vd. 2013: 41).

rinde ciddi ve derinlemesine bir tartışma yapılmadan biyoteknolojinin kullanım alanı hızla yayılmaktadır (Çoban 2004: 237-238): Biyoteknoloji alanında başlıca iki sorun: a. Siyasa oluşturmada tartışmanın arkaya bırakılması b. Biyoteknoloji tartışmasının kişisel konumların ötesinde daha geniş bir etik zemin üzerinde mi, yoksa kişisel konumlarına bağlı olarak mı sürdürüleceği sorunudur (Çoban 2004: 238). Biyoteknolojinin muhtemel yarar ve zararları ihtiyatlılık ilkesi çerçevesinde değerlendirilmelidir. Bu çerçevede çevre ile ilgili biyoteknolojik yapılanma için (ihtiyatlılık ilkesi göz önünde bulundularak) çeşitli öneriler ortaya konulabilir: (TTGV 2013: 226-227; Hüseyin vd. 2013: 41):

-Biyoteknoloji alanında biyokümlerin gelişmesi ve ürünlerin elde edilmesi ve ticarileşmesi diğer sektörlerin gelişmesine de imkan sağlayacaktır.

-Ar-ge çalışmalarının ve inovasyonun desteklenerek dinamik bir niteliğe kavuşturulmalıdır. Öncelikli öneme sahip biyoteknolojik ürünlerin belirlenmesi ve üretimine yönelik dinamik ve etkin proje desteklerinin sağlanarak, sanayici ve araştırmacı işbirliğinin de kurulması önemlidir. Deneyimli ve nitelikli eleman sayısının artırılmasına çalışılmalıdır.

-Araştırma çıktılarının ticarileşmesinin desteklenmesi ve ulusal nitelikte bütünleşik bir strateji hayata geçirilmelidir.

-Mevcut şirketlerin patent ve faydalı model üretimleri desteklenmeli, ayrıca yeni şirketlerin kurulmasına yardımcı olunmalıdır. Biyoteknoloji kapsamındaki sektörlerin kapasite ve rekabet gücü artırılmalıdır.

-Özel sektörün ar-ge faaliyetlerine özendirilmesi konusundaki teşviklerin AB seviyesine yükseltilmesi (%120 destek) önemlidir.

-Yerli malı biyoteknoloji ürünlerinin alım ve tüketiminde ulusal destek ve teşvik sistemlerinin geliştirilmesi ve tüketicilerin bu ürünlerin tüketimi konusunda özendirilmesine ve bilinçlendirilmesine yardımcı olunmalıdır.

-Çevre ile ilgili biyoteknoloji çalışmalarına pozitif ayrımcılık yapacak ve amaçlarına ulaşmada yardımcı olacak işbirliklerinin, teşviklerin, destek programlarının yeniden yapılandırılması yararlı olur.

-Biyoteknoloji sektöründe tren henüz kaçmış değildir. Türkiye'de biyoteknoloji çevre kirliliği ile daha etkili mücadele edil-

mesi açısından çok önemli katkılar sağlarken, öte yandan kalkınmanın motoru olarak ekonomiyi canlandırabilir.

KAYNAKÇA

- Altunay, B. (2006) "Çevre Biyoteknolojisi", *Sızıntı Dergisi*, 28 (335), Aralık. (<http://www.sizinti.com.tr/konular/ayrinti/cevre-biyoteknolojisi.html>)
- Başaga, H., D. Çetindamar. (2000) Uluslararası Rekabet Stratejileri: Biyoteknoloji, **TÜSİAD: Rekabet Stratejileri Dizisi-7**, TÜSİAD, İstanbul.
- Başaga, H., D. Çetindamar. (2006) Uluslararası Rekabet Stratejileri: Türkiye’de Biyoteknoloji İşbirlikleri, **TÜSİAD: Rekabet Stratejileri Dizisi-9**, TÜSİAD, İstanbul.
- Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi 29/8/1996 tarihli ve 4177 sayılı Kanunla onaylanması uygun bulunan "Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi"nin onaylanması, **Resmî Gazete**: 27 Aralık 1996 Sayı: 22860.
- Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi Biyogüvenlik Cartagena Protokolü, **Resmî Gazete**: 11 Ağustos 2003, Sayı: 25196, Kanun: 17 Haziran 2003 tarih ve 4898(www.tbddm.gov.tr/Files/cartagena.pdf)
- Ceyhan, N., E. Esmeray. (2012) "Petrol Kirliliği ve Biyoremediasyon", **Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi**, 5 (1), 95-101.
- Çoban, A. vd., (2010) "Çevre Biyoteknolojisi Temelinde Genetik Yapısı Değiştirilmiş (Transgenik) Bitkilerle Arıtım", **KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 13(1), 45-52.
- Çoban, A.(2004) "Biyoteknoloji, Habermas ve Kendimiz Olmak", **Mülkiye**, 242, Kış, 237-253.
- Doğruel, S., F. G. Babuna. (2006) "Deri Endüstrisi Atıksuyu için Biyolojik Arıtma Sırasında Ozonlamanın Optimizasyonu", **İTÜ Dergisi**, 16(1-3), 91-102.
- Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) 1 Temmuz 2006, **Resmî Gazete** Sayı: 26215.
- DPT (2000) **Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik Özel İhtisas Komisyonu Raporu**, Ankara.
- Erbaş, H. (2008) **Türkiye’de Biyoteknoloji ve Toplumsal Kesimler: Profesyoneller, Kentsel Tüketiciler, Köylüler**, Ankara: Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü.
- Erçetin, Ş. Ş. (1999) "Biyoteknoloji ve Değişen Dünya Düzeni ve Eğitim-1", **Uygulamada Eğitim Yönetimi** 18, 169-180.
- Güler, N. (1997) "Atıksulardan Demir (Fe²⁺)’in Biyoteknolojik Yöntemlerle Arıtım Esasları", **Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi**, 3, Mayıs, 1-3.
- Ho, M. W. (1999) **Genetik Mühendisliği [rüya mı kâbus mu?]**, Çeviren: Emral Çakmak, İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

- Hüseyin, A. vd., (2013) "Biyoteknoloji: Tanım ve Kapsam", **Biyoteknoloji Sektörel İnovasyon Sistemi Kavramlar Dünyadan Örnekler Türkiye'de Durum ve Çıkarımlar**, Editör: Mahmut Kiper, Ankara: TTGV, 31-42.
- İstanbul Biyoteknoloji ve Mekatronik Kümelenmesi. "Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına Ulusal Biyoteknoloji Stratejisi Önerisi", (<http://www.ibmkn.org.tr/kategoriler.php?kategorino=15>) (Erişim Tarihi: 20.06.2013).
- Kolankaya, N. (2000) "Biyoteknolojiye Bir Bakış: Dünya ve Türkiye", içinde Küreselleşme Sürecinde Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik Sempozyum Bildirileri (23-24 Ekim 2000), Ankara: T.C Çevre Bakanlığı, T.C Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Biyotek-Biyoteknoloji Derneği, 1-6.
- Losey, J. E. vd., (1999) "Transgenic Pollen Harms Monarch Larvae", *Nature* 399, 214.
- Memiş, S. A. (2013) "Biyoekonomi", Ankara: TTGV. (<http://www.ttgiv.org.tr/content/docs/sarslanhan.pdf>)
- Mercimek, H. A. (2007) "Trametes Versicolor'ın Tekstil Boyalarının Gideriminde Kullanım Olanakları", **Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi**, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- OECD.
<http://www.oecd.org/redirect/sti/biotech/keybiotechnologyindicators.htm>)
- Özgen, M. vd. (2005) "Tarım Teknolojilerinde Yeni Yaklaşımlar ve Uygulamalar: Bitki Biyoteknolojisi", **Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi**, Ankara, 315-346.
- Özgen, Ö. vd. (2007) **Tüketiciler ve Modern Biyoteknoloji: Model Yaklaşımlar**, Ankara: Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü.
- Şakacı, B.K. (2007) "Türkiye'de Biyoteknoloji Sektörü", **Karınca Kooperatif Postası**, 72, 850, 19-30.
- T.C.Sağlık Bakanlığı Stratejik Plan**, (2012) 2013-2017.
- TTGV. (2013) "Biyoteknoloji Sektörel İnovasyon Sistemi Kavramlar Dünyadan Örnekler Türkiye'de Durum ve Çıkarımlar", **Biyoteknoloji Sektörel İnovasyon Sistemi Başarılı Uygulamalardaki Ortak Bulgular ve Türkiye Çalıştayı**, 23 Kasım 2012, Editör: Mahmut Kiper, Ankara: TTGV, 216-229.
- Turkish Biotech Database. (<https://www.biotechgate.com/tur/info/info.php>)
- Tübitak, (2004) **Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi**.
- Wansing, B., J. Kim. (2001) "The Consumer Marketing of Biotechnology", *Journal of Commercial Biotechnology*, 7(3), 249-259.
- www.gidahareketi.org/NewsPrint.aspx?Id=431&ModuleName=haberleri
- www.sozluk.net/
- <http://www.tpe.gov.tr/portal/default2.jsp?sayfa=136>
- www.tdk.gov.tr

Xue, D., C. Tisdell. (1999) "Safety and Socio-Economic Issues Raised by Modern Biotechnology", **Economy, Ecology and The Environment**, Working Paper No.36, The University of Queensland, 1-13.