

Gıda Sanayiinde Biyoteknoloji*

Prof. Dr. M. Hilmi PAMİR

Ziraat Fakültesi — ANKARA

Bilindiği gibi tarım birincil gıdaları üreten bir faaliyet koludur. Biyoteknoloji ise bunlardan ikincil veya mamül gıdaların hazırlanmasında, ve klasik tarım teknikleri kullanılmadan yeni gıdaların üretiminde söz konusudur. Birincisine en güzel ve açık örneği en eski biyoteknolojilerden biri olan fermente gıdaları, ikincisine ise besin ve yem mayasını gösterebiliriz.

Alkollü içkilerin fermantasyonu 8000 yıldan daha fazla zamandan beri bilinen en eski biyoteknolojilerden birisidir. Tahminen 6000 yıl önce ekşi hamur içinden çıkan gazın ekmeğin kabarmasında rolü olduğu anlaşılmıştı. Çeşitli süt mamüllerinin üretimi çok eski zamanlar-

dan beri biliniyordu. Sirke üretimi ise alkollü içkilerin yapımı kadar eski olmalıdır. Bu örnekler çoğaltılabilir. Bütün bunlar gıda sanayinin biyoteknolojik proseslerin en eski kullanıcısı olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır.

Biyoteknoloji tarihçesinde beş evre ayırt edebiliriz (Çizelge - 1). Buna göre Pasteur öncesi evresi sırasında biyoteknoloji az sayıda bilimsel veriye sahiptir. Van Leeuwenhoek tarafından en küçük yaşayan varlıklar olarak mikroorganizmaların keşfi önemlerinin anlaşılmasına yeterli olmadı. Ancak Pasteur'un canlı mikropların fermantasyonun aktif amilleri olduğunu kanıtlayan çalışmaları biyolojik proseslerin gerçek yüzünün anlaşılmasına ilk adımı

Çizelge 1. Biyoteknolojinin gelişim evreleri (Houwink, 1984)

Evrenin adı	Olaylar
Pasteur öncesi (> 1865)	— Alkollü içkiler — Süt mamülleri — Diğer fermente gıdalar, mayalar, sirke
Pasteur (1865 - 1940)	— Etanol, bütanol, aseton, gliserin — Organik asitler (sitrik asit) — Aerobik biyolojik arıtma
Antibiyotik (1940 - 1960)	— Penisilin ve diğer antibiyotikler — Derin kültür yöntemi — Hayvansal hücre kültürü teknolojisi; mirüs aşılıarı
Antibiyotik sonrası (1960 - 1975)	— Mikrobiyel steroid transformasyonu — Amino asitler — Tek Hücre Proteini (THP) — Enzimler — İmmobilize enzim ve hücre teknolojisi — Anaerobik biyolojik arıtma — Bakteriyel polisakaritler — Gasohol
Yeni biyoteknoloji (1975 - bugün)	— Hibridoma teknoloji; monoklonal antikorlar (1975); monoklonal teşhis kitleri (1980) — Genetik mühendisliği (1974), hayvan diyarhe aşılıarı (1982), insan insülini (1982) — Kompüter kontrollü biyoprosesler

* 6. KÜRKEM Kongresinde Sunulan bildirdir.

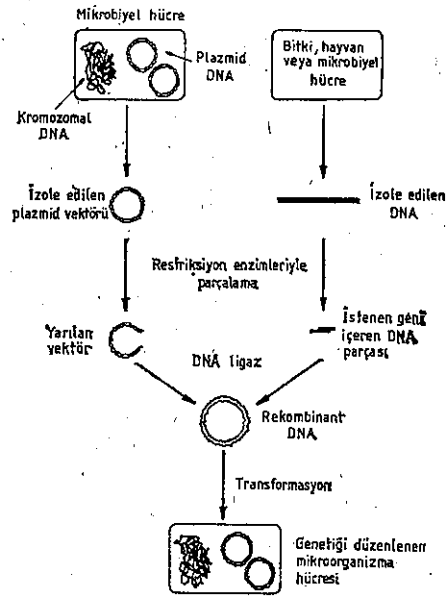
teşkeletti. Pasteur'un çalışmaları şarap ve sirke yapımında gelişmelere yol açtı. Antibiyotik evresi sırasında ise mikrobiyoloji, biyokimya ve işlem mühendisliği gibi bilim dalları yeni gelişen fermentasyon sanayiine katkılarda bulundular.

Gıda işlemeden ve kimya sanayiinden gelen ve bugün «klasik teknolojiler» dediğimiz teknolojiler fermentasyon sanayiine de uygulandı. Antibiyotik evresi sonrasına gelince, bu evre çeşitli metabolitleri ve enzimleri üretmek için mikroorganizmaların yeteneklerini kullanma çalışmalarıyla tanınır. Bu alanda en önemli çalışmalardan biri nişastadan enzimatik dönüşüm yoluyla früktoz şurubunun elde olunmasıdır. Yeni biyoteknolojiler evresi ise, genetik mühendisliği, hibridoma teknolojisi v.b. bilimlerin araştırma-geliştirme çalışmalarıyla bilgisayar kontrolü biyoproseslerin kullanılmaya başlamasını kapsamaktadır.

Bütün gıda hammaddelerinin canlı hücre olması biyoteknolojik tekniklerin gıda üretimindeki önemini açıklar. Başka bir deyişle bu teknikleri kullanarak laboratuvarlarda hücre genetik yapılarında yapılacak değişikliklerle hücrelerin yeni işlevler kazanmalarına ve hem bol hem de değişik ürünler meydana getirmelerine olanak verilebilir. İşte gıda sanayii ile yeni veya modern biyoteknolojinin buluştuğu nokta burasıdır.

Bilindiği gibi amino asitler düz bir zincir halinde biraraya gelerek üç boyutlu bir yapıya sahip olan protein oluştururlar. Bu amino asitlerin çeşit ve sıralanma şekilleri proteinin strüktürünü ve işlevini tayin eder. Bu işlevi yöneten ve genellikle gen olarak bilinen etken ise DNA'dır. Bu nedenle yukarıda Çizelge 1'deki «Yeni Biyoteknoloji Evresi»nde adı geçen ve gıda sanayiine uygulanabilen yeni biyoteknolojik teknikler ve genellikle rekombinant DNA yöntemlerini kullanan genetik mühendisliği 10 yıldan beri bilim dünyasında ve hatta kamu oyunda büyük bir ilgi uyandırmaktadır. Bu yöntemlerin temelini bir organizmadan özgül bir genin alınarak diğer bir organizmaya aktarımı oluşturur. Bunu Çizelge 1'de şematik olarak görmekteyiz.

Bu gen aktarım teknikleri aktarılabilecek olan DNA parçalarını kesmek ve sonra bunları bir araya getirmek için hassas operasyon yöntemleri gerektirmiş ve 1970'li yıllarda restriksiyon enzimlerinin ve ligazların bulunması bunu olanaklı yapmıştır. Bütün bu gelişmeler genetik mühendisliğinin gıda sanayiinin bazı



Şekil : 1 Basit bir bakteriyel sistemde gen klonlanması (Harlander, 1987)

problemlerine çözümler getirebileceğini göstermektedir. Bu problemler ve çözümlerinden bazıları Çizelge 2'de verilmiştir.

Enzimün en yaygın bir şekilde kullanıldığı süt sanayiinin gereksinimi olan en iyi kalitedeki rennin danadan elde olunandır. Fakat mikrobiyel renninden daha pahalıdır. Bugün dana rennin geninin izole edilerek mayaya klonlanmasıyla hem daha kaliteli hem de daha ucuz rennin elde olunabilmektedir. Gen aktarımı ile laktozu fermente edebilen maya suşları elde olunabilmesi de önemli bir olaydır. Çünkü dünyada peynir yapımı sırasında bir yan ürün olarak ortaya çıkan milyonlarca ton laktoz bir ekonomik değer olarak kaybolduğu gibi aynı zamanda ciddi bir çevre kirleticisi olmaktadır. Bugün laktoz geni *Saccharomyces cerevisiae* mayasına ve *Xanthomonas campestris* bakterisine klonlanarak böylece peyniraltı suyu permatındaki laktoz etanole, THP'ye ve ksantar

zankı gibi çeşitli maddelere dönüştürülebilmiştir. Ayrıca aynı atık aseton, bütanol ve yoğurt benzeri bir gıdanın üretilmesinde de başarıyla kullanılabilmiştir.

Gıda sanayiinde gen klonlanması olanağını veren bu rekombinant DNA'dan başka yön-

temler de vardır. Ayrıca rekombinant DNA yöntemi genetiği iyi bir şekilde incelenmiş organizmalar için düşünülmelidir. Bu yöntemin gelişmediği yerlerde ise, aşağıda tanımlamalarını yapacağımız ve «Protoplast Füzyonu» dışında oldukça uzun zamandan beri kullanılan yöntemleri kullanmak olanaklıdır.

Çizelge 2. Gıda üretimindeki problemlere genetik mühendisliğinin getireceği bazı çözümler

Problem	Çözüm
Peynir yapımı için dana rennininin kullanımının sınırlı olması	Dana geninin mayaya veya funguslara aktarımı yoluyla mikroorganizmaların dana rennini yapmalarını sağlamak
Laktoz içeren çok miktarda peyniraltı suyunun atılarak çevre kirliliğine neden olması	Fermantasyon için şekerleri kullanabilen mayaya <i>Escherichia coli</i> 'den laktoz geninin aktarımı
Birçok enzimlerin gıda sanayiinde kullanılmaya stabil olmayışları nedeniyle eiverişli olmaması	Enzim molekülünde yapılan değişikliklerle daha kuvvetli iç bağları bulunan bir enzim meydana getirmek
İstenen proteini ve enzimi yapan, fakat ticarî amaç için yeterli bir düzeyde yapamayan mikroorganizmalar ve bitki hücreleri	Protein ve enzim yapımını artırmak için o proteini kodlayan genlerin sayısını çoğaltmak
Meyvelerde ve sebzelerde pektinaz ve sellüloz gibi raf ömrünü kısaltan ve tazeliğini kaybettiren bir enzimin ortaya çıkması	Bu enzimlerin ortaya çıkmasının nasıl düzenlendiğini anlamak için onların genlerini teşhis etmek ve bu bilgiyi yetiştirme, depolama ve pazarlama tekniklerinin iyileştirilmesinde kullanılmak
Donmuş sebzelerin lipoksigenazın faaliyeti dolayısıyla acıması	Bu enzim düzenlemesi için lipoksigenaz genini teşhis etmek ve bu genin ekspresyonunu sınırlamak için yöntemler geliştirmek
Önemli hububat ve baklagil çeşitlerinin esaslı amino asitler, örneğin soyanın kükürt içeren ve buğdayın lizin amino asitlerince fakir olması	Bu amino asitleri az içeren proteinleri kodlayan genlerin sayısını artırmak.

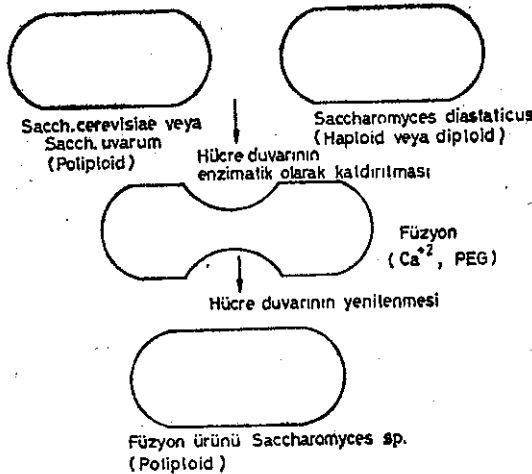
Protoplast Füzyon» yöntemi gen transferlerinde çok önemli yeri olan hücre hibridoma yöntemlerinden biridir. Bu yöntemle genetik karakterleri farklı iki hücreyi birleştirerek her iki hücrenin genetik bilgilerine sahip bir heterokaryotik hücre elde edilebilir. Bu işlemin nasıl yapıldığı şematik olarak Şekil : 2'de görülmektedir.

Protoplast füzyonu bugüne kadar çeşitli araştırmacılar tarafından mayalarda yüksek verimli ve çok amaçlı teknik mayaların elde olun-

masında kullanılmıştır. Böylece glükamillaz enzimi içeren *Sacch. diastaticus* ile içermeyen bira mayasından fermantasyon derecesi yüksek bir maya suşu elde edilebilmiştir. Bundan başka laktozu fermente edebilen ve aynı zamanda alkol verimi yüksek bir maya suşu elde olunarak peynir altı suyunun etanol üretiminde değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir.

Yukarıda açıklanan yöntemden daha eski yöntemlere gelince, bilindiği gibi birçok kat-

ki, flavor ve renk maddelerinin, örneğin laktolonların, esterlerin, asetonin, prazinlerin, diasetilin, terpenlerin ve uçucu yağ esitlerinin orijini bitkisel ve mikrobiyel hücrelerdir. Bu maddelerin basit yapıdaki prekürsörlerden biosentezleri komplekstir ve transformasyon sistemleri tam olarak bilinmeyen organizmalarda birden fazla enzim bu işe dahil olabilir. Bu nedenle bu enzimlere ait genler üretken bir organizmaya klonlanamazlar. Bu durumda «Doğadan Seleksiyon» yöntemi ile arzu edilen maddeyi meydana getiren organizmanın izole edilmesi mümkündür. Örneğin bu yöntemle Cheddar peyniri flavorunun gelişmesini artıran bir lipaz enzimi birçok bakteri kültürünün süpernatantlarında bulunmuştur. Bir başka örnek ise meyve sebze işleme artıklarında bulunan ksiloz şekerini parçalayabilen bir mayanın bu yöntemle bulunmasıdır. Böyle bir maya çürüyen meyvelerdeki ksilozu doğrudan etanole fermente edilebilmiştir. Aynı yöntemle kompleks bir biyopolimer olan lignini parçalayabilen ligninaz enzimine sahip *Phanerochete chrysosporium*'un bulunması mümkün olmuş ve böylece lignosellülotik atık probleminin halinde önemli bir aşama kaydedilmiştir.



Şekil : 2 Protoplast füzyonu ile iki mayanın hibridizasyonu (Gütsler , 1988)

Ancak doğadan seleksiyon yoluyla izole edilen mikroorganizmaların verimleri sıklıkla düşüktür. Bu durum yöntemin bir dezavantajını oluşturur. Şayet organizmanın genetiği hakkında fazla bilgimiz yoksa, o takdirde yüksek verimli suşların elde olunması için bunun yeri-

ne oldukça eski bir yöntem olan «Mütasyon ve Seleksiyon» yöntemi kullanılabilir.

Mütasyon gen içinde kalıcı bir değişikliği meydana getirmek için DNA'nın fizikokimyasal araçlarla deneysel olarak değiştirilmesidir. Ancak bu işlem sırasında hücre popülasyonunun büyük bir kısmı değişmeden kalır. Ortaya çıkan çok düşük orandaki mütantların bulunması ise seleksiyon prosesi ile olanaklıdır. Organizma biyokimyası ve onun mekanizması üzerinde kazanılan bilgiler mütantların bulunmalarını kolaylaştıracak yöntemlerin geliştirilmesine yardımcı olmuştur. Bir mütantta değişikliğe uğramış DNA «transcription» ve «translation» olduğu zaman, o mikroorganizma istenilen doğrultuda iyileştirilmiş, yani ıslah edilmiş olur. Böylece protein'in biyolojik değeri yükseltilebilir ve aseton gibi flavorların miktarları artırılabilir; fermantasyon süreci hızlandırılabilir.

Gıda sanayiinde kullanılan biyoteknolojik yöntemlerden birisi de «Sürekli Kültür Seleksiyonu»dur. Yukarıda açıklanan tradisyonel mütasyon ve seleksiyon yöntemleri miktarla sınırlıdır, ve bu nedenle büyük bir popülasyonla çalışamaz. Halbuki sürekli kültürasyon bu sınırlamayı kaldıracağından 100.000 milyonda bir gibi çok düşük mütasyon sıklığı gösteren mütantlar gelişerek mütasyona uğramamış olanların yerini alırlar. Bu yöntem özellikle birçok genin «expresse» karakterlerinin seleksiyonunda kullanışlıdır. Ayrıca bu yöntem mayaların etanole toleranslarını artırmak; galaktozu kullanan *Streptococcus thermophilus* suşlarının seleksiyonu ve galaktozidar, invertaz ve proteaz gibi katabolik enzimlerin üretimleri üzerinde araştırma yapmak gibi çeşitli amaçlarla kullanılabilir.

Son zamanlarda biyoteknolojik yöntemlerin kullanıldığı yerlerden biri de gıdaların hijyenik kontrolüdür. Bu amaç için, insan ve hayvan sağlığında olduğu gibi, monoklonal antikorların giderek daha yaygın bir şekilde kullanılacağı kuşkusuzdur. Bilindiği gibi bir gıdanın patojenler ve toksinlerden temiz olduğunu deneysel yolla bulmak için kullanılan yöntemlerin sayısı çoktur. Fakat bunların hiçbiri bu yeni deney yöntemi kadar çabuk, emin, hassas ve işlemi basit değildir.

Bu yöntemin esasını immünolojik deneyler oluşturur ve özel bir antikorun oluşturulabileceği herhangi bir maddenin ortaya çıkarılmasını sağlar. Bu maddeler mikrobiyel patojenler, mikotoksinler, küfler, enzimler, süt proteinleri, hormonlar ve taşıyıcı maddeleri gibi geniş bir aralık içinde bulunur. Monoklonal antikorların gıda kontrolünde kullanımına bir örnek olmak üzere bir enfeksiyöz bakteri olan *Salmonella*'nın klasik kültür yöntemlerle 4 veya daha fazla gün alan teşhisinin, bu son yöntemle 1-2 güne kadar indirilebildiğini belirtmeliyiz. Bugün bu amaçla kullanılan monoklonal antikorun parasal tutarı 2 milyar doları geçmektedir.

Gıda sanayiinde kullanılması önerilen bir diğer biyoteknolojik yöntem de «immobilizasyon»dur. Bu yöntem özellikle pahalı preparatlar olan ticarî enzimlerin tekrar kullanılmalari ve sürekli prosesler için elverişlidir. Ayrıca daha az yer ve daha düşük ekipman sermayesi istemesi bakımlarından tavsiye edilmektedir. Bu yöntemin yukarıda belirtilen üstün taraflarına gıda sanayiinin atık sularının bu yöntemle daha ekonomik olarak değerlendirilebilmesini ve bu yöntemin ısı ve pH değişikliklerine karşı daha dayanıklı olması gibi niteliklerini de ilâve etmeliyiz.

Immobilize enzimlerin ve hücrelerin gıda sanayiinde kullanılması olanaklarına birkaç örnek vermek isteriz.

Gıda sanayiinde kullanılan protein hidrolizatlarının elde olunmasında immobilizasyon yöntemiyle iyi bir sonuç alınabilir. Yapılan immobilize proteaz ve peptidazlarla proteinin % 90'a kadar serbest aminoasitlerine parçalanabileceği anlaşılmıştır. Bu örneğe nişastadan immobilize glükamilaz kullanarak glüköz elde edilmesini ilâve etmeliyiz. Gerçekten de bu yöntemle substratın reaktörde geçirdiği süre 6 dakikayı geçmemektedir. Halbuki bu süre klasik yöntemde 75 saati bulmaktadır.

Bir diğer örnek ise immobilize glüköz izomeraz yöntemiyle sanayiide kullanılan «Nişasta Şurubu» yerine ondan çok daha tatlı olan «Früktoz Şurubu»nun elde edilmesidir. Bunlara fermentasyon sanayiinden, şarabın immobilize pektinaz kullanarak daha randımanlı bırakılmasını ve immobilize papain kullanarak birada bulanıklığın önlenmesini ilâve edebiliriz.

Gelecekte immobilize enzim ve hücrelerin sanayiide kullanılmalariinin giderek yaygınlaşacağı kesindir. Bugün bu yöntemin kullanıldığı sanayii alanları Çizelge 3'de görülmektedir. Çizelge 3'de gösterilenlere ilâve olarak immobilize enzimlerin bazı kimyasalların elde edilmesinde, antibiyotik ve steroidlerin sentezlenmesinde ve keza köpük kauçuk üretimi gibi alanlarda büyük bir kullanım potansiyeli olduğu bilinmektedir.

Çizelge 3. Immobilize enzim ve hücrelerin kullanıldığı sanayi alanları (Hartmeier, 1985; Oda, G. ve ark., 1983)

Enzim/Hücre	Immobilizasyon yöntemi	Sanayi alanı	Başlangıç yılı
Amino asit açilaz	Taşıyıcıya bağlama	Treonin, metiyonin	1969
Glüköz izomeraz	Çapraz ve taşıyıcıya bağlama	Früktoz şurubu	1973
Penisilin açilez	Taşıyıcıya bağlama	6-aminopenisillanik asit	1973
L-aspartaz (<i>E. coli</i> hücreleri)	Tutuklama	Aspartik asit	1974
Laktaz	Taşıyıcıya bağlama	Sütte laktoz hidrolizasyonu	1977
<i>Sacch. cerevisiae</i> hücreleri	Tutuklama	Etanol	1981

Konuşmamızın bu bölümünde de dünyada biyoteknolojik proseslere dayalı gıda sanayinin pazar durumu hakkında bir fikir vermek isteriz. 1981 yıl istatistik verilerine göre bütün dünyada bu çeşit sanayinin yıllık pazarı 220 milyar doları bulmaktadır. Kaynaklar, yukarıda

başlıcalarını açıkladığımız biyoteknolojik yöntemlerin en büyük kullanıcısının gıda sanayii olduğunu bildinmektedirler. Çizelge 4'de biyoteknolojiye dayalı gıda sanayinin bazı ürünlerinin pazar durumları görülmektedir.

Çizelge 4. Biyoteknolojiye dayalı sanayinin bazı ürünlerinin dünya ölçüsünde hacmi ve değeri (Bush ve Hardy, 1985; Kieslich, 1986; Knor ve Slinsky, 1985)

Ürün	Piyasa hacmi (ton/yıl)	Piyasa büyüklüğü (US mil. Dolar)	
		1981	1990 (ön görülen)
Toplam gıdalar ve katkı maddeleri	—	220.0 x 10 ^{3a}	—
Fermente olmuş gıdalar	—	3.5 x 10 ³	6.0 x 10 ³
Bira	87.0 x 10 ^{6b}	—	—
Alkollü içkiler	—	27.0 x 10 ^{3c}	44.0 x 10 ³
Soya sosu	1.2 x 10 ^{6c}	—	—
Miso	5.7 x 10 ^{3d}	—	—
Ekmek mayası	1.8 x 10 ^{6b}	—	—
Amino asitler	455.0 x 10 ^{3c}	1.8 x 10 ^{3c}	—
Sitrik asit	65.0 x 10 ^{3d}	0.4 x 10 ³	1.5 x 10 ³
Vitaminler	43.0 x 10 ^{3a}	1.1 x 10 ³	—

a 1980 istatistiği

b 1979 istatistiği

c 1982 istatistiği

d 1981 istatistiği

Yukarıda verdiğimiz Çizelge 4'deki bilgilere ilâve olarak OECD'nin 1982 yılında yayınladığı «Biotecnologie - Tendances et perspectives internationales» adlı raporda yapılan ve birkaçı dışında gıda sanayii ile ilgili olmayan biyoteknolojiye dayalı diğer sanayilerin pazar tahminleri de Çizelge 5'de görülmektedir. Buradan çıkarılan sonuçla da başta belirtilen ve gıda sanayinin en büyük biyoteknoloji kullanıcısı olduğu savı doğrulanmış olmaktadır.

Son olarak biyoteknolojinin bir bütün olarak sanayideki uygulamalarının beklentileri ve sorunları üzerinde durmak istiyoruz. Biyoteknoloji gelecekte insanlığın daha iyi beslenme ve sağlık koşullarına sahip olabilmesine, kentsel ve sanayi atıklarının işlenerek hem katma değer yaratılmasına hem de çevre kirlenmesinin önlenmesine ve petrole dayalı birincil maddelerin maliyetinin giderek artması nedeniyle yeni birincil maddelerin bulunmasına hizmet edecektir. Bunu yapabilmek için (1) çok sayıda prokaryotik ve ökaryotik organiz-

malar için genetik sistemler kuruluyor, (2) özgül metabolik özellikleri olan yeni tip organizmalar üretmek amacıyla mikroorganizma, bitki ve hayvan genetik sistemleriyle doğrudan manipülasyonu sağlayacak yeni teknikler geliştiriliyor, (3) Potansiyel tepkimeleri katalize eden enzimlerin özellikleri üzerinde yeni bilgiler elde ediliyor. Bu muhtemelen kısa bir süre sonra, rekombinant DNA yöntemi kullanılarak özgül kimyasal transformasyonları katalize eden yeni bir enzimin üretilmesine, yeni moleküller ve maddeler tasarımına ve üretilmesine olanak verecektir, (4) çeşitli kimyasal ve biyolojik maddeler üretimi için modern biyoteknolojik yöntemleri kullanan «Yüksek Teknoloji» sanayii gelişiyor.

Sonuç olarak denebilir ki, geleceğin fermentasyon prosesleri birçok substratları kullanabilen ve tasarımı insan tarafından yapılmış mikroorganizmaları ve enzimleri, yüksek bitki ve hayvan orijinli hücreleri kullanabileceklerdir.

Çizelge 5. Biyoteknolojiye dayalı sanayi ürünlerinin pazar tahminleri^a

Ürün kategorisi	Madde miktarı	Piyasa değeri (mil. EU Dolar)	Madde veya kullanım yeri	Üretime geçme (yıl)
Amino asitler	9	1.703	Glütamat Triptofan	5 5
Vitaminler	6	667.2	Vitamin C Vitamin E	10 15
Enzimler	11	217.7	Pepsin	5
Steroid hormonları	6	367.8	Kortison	10
Peptidik hormonlar	9	268.7	İnsan büyüme hormonu İnsülin	5 5
Virüs antijenleri	9	n.d.	Şap hastalığı virüsü Grip virüsü	5 10
Peptid flavorları	2	4.4	Aspartam	5
Değişik proteinler	2	300	İnterferon	5
Antibiyotikler	4	4.240	Penisilinler Eritromisinler	10 10
Peptisitler	2	100	Mikrobiyel Aromatik	5 10
Metan	1	12.572	Metan	10
Alifatik bileşikler (Metan dışında)	24	2737.5	Etanol Etilenglikol Propilenglikol İzobütillen	5 5 10 10
Aromatik bileşikler	10	1250.9	Aspirin Fenol	5 10
İnorganik maddeler	2	2681	Hidrojen Amonyak	15 15
Mikrobiyel yıkama ile cevher zenginleştirme	5	n.d.	Uranyum Kobalt Demir	— — —
Biyolojik yıkım	n.d.	n.d.	Organik fosfatın uzaklaştırılması	

^a Kaynak : U.S. Congress Office of Technology Assessment; Genex. Corp.

Bütün bu nedenlerle biyoteknolojideki gelişmeler ekonominin insan sağlığı, hayvancılık ve hayvan sağlığı, bitki ve yetiştirme, gıda, deniz ve su kültürü, enerji, korozyon kontrolü, metaller, özel kimyasallar, askeri, ulaştırma sistemleri ve biyomateryal sektörlerinde büyük atılımlar yapacaktır.

Biyoteknolojinin gelişmesinde karşılaştığı sorunlar ise, genellikle gelişmekte olan ülke-

ler için söz konusudur ve bunlar 1) hükümetlerin ve sanayinin araştırma ve geliştirme politikalarının olmayışı, 2) az sayıda yetişmiş teknik personelin ve ekipmanın belli merkezlerde bir araya getirilmemesi, 3) kıt maddi destek fonlarının belli konulara kanalize edilmesi ve 4) sağlık ve çevre güvenliğinin olmasıdır.

KAYNAKLAR

1. ANONYMOUS, 1988, Food Biotechnology, Office of Scientific Public Affairs, Food Technology, 133 - 146.
2. ANONYMOUS, 1984, Biotechnology and The Developing Countries : Applications For The Pharmaceutical Industrial and Agriculture, United Nations Industrial Development Organization, UNIDO/IS. 452.
3. Knorr, D., 1987, Food Biotechnology: Ist Organization and Potential, Food Technology, 95 - 100.
4. Sinskey, A.J., 1984, The Effects Of Development In Biotechnology On The Third World: Current Status, Transfer of Technology, Future of Biotechnology, United Nations Industrial Development Organization, ID/WG. 412/4.
5. Teso, B., 1982, Biotechnologie - promesses et contraintes, Direction de la science, de l'industrie de L'OCDE.