

Eko-Teknolojik Yaklaşım İle Gıda Sanayi Atıklarında Enzim Uygulamaları

Ufuk YÜCEL¹, Gaye ÖNGEN², Gaye GÜNGÖR²

¹Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu, Bornova İzmir

²Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Biyomühendislik Bölümü, Bornova İzmir

Atık yönetimi, sürdürülebilirlik ilkesinin uygulamadaki önemli bileşenlerinden biridir. Son yıllarda atık yönetimine "Geri Dönüşüm ve Yeniden Kullanım" yaklaşımı ağırlığını koymakta ve bu bakış açısı ile atık maddelere, çeşitli ürünlere dönüştürülebilir yeni hammaddeler gözüyle bakılmaktadır. Gıda sanayimizin Türkiye'de sürdürülebilir kalkınmaya etkisini yadsınamız mümkün değildir ve gıda sanayi atıklarımızın ancak %20'si bertaraf edilebilmektedir. Bu aşamada da alışlagelmiş yöntemler kullanılmaktadır. Son gelişmeler incelendiğinde ise biyoteknolojik uygulamalara ve özellikle de enzimatik uygulamalara gıda sanayi atıklarının ekoteknolojik bir yaklaşımla değerlendirilmesinde başvurulabileceği anlaşılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Gıda atıkları, atık yönetimi, biyoteknolojik uygulamalar,

ENZYMATIC APPLICATIONS IN FOOD INDUSTRY WITH AN ECO-TECHNOLOGICAL APPROACH

ABSTRACT

Waste management is one of the essential components of sustainability principle. In recent years, recycling and reuse principles dominate in waste management and thereby, waste materials are considered as a resource which can be recovered instead of a waste to be disposed of. The contribution of Turkish Food Industry to sustainability can not be overlooked and only 20% of food industry wastes are disposed. At this stage, conventional methods are used. Recent developments suggest that biotechnological applications especially enzymatic practices show promising results for a potential ecological recycling and reuse of food wastes.

Key Words: Food wastes, waste management, biotechnological applications

1. GİRİŞSürdürülebilir kalkınmanın temel yaklaşımı, sanayi ve üretimin, sonraki kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğini tehlikeye atmayacak biçimde örgütlenmesidir. Bu temel yaklaşım, ekonomi, ticaret, iç ve dış pazar koşulları kadar, siyaset ve bürokraside de sürekliliği ve tutarlılığı gerektirmektedir. Üretim, dağıtım ve satış aşamalarında çevre üzerinde oluşan baskılar, üretim süreçlerinde uygun teknolojilerin seçimini, doğal kaynakların yönetimini, ekosistemlerin korunmasını, üretim süreçlerinden kaynaklanan etkilerin yönetimini gündeme getirmektedir. Üretimi doğrudan yönlendiren, başka bir deyişle, doğal kaynak kullanımını yöneten ve bu kullanım sonucunda, pazarı oluşturan koşulların önemli bir bölümünün denetimini elinde bulunduran iş dünyası ve sanayidir. Bu açıdan bakıldığında, sanayi sürdürülebilirlik kavramının odağında yer almaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın çevre boyutu sanayi açısından değerlendirildiğinde ortaya çıkan sorunlar ise genellikle

altyapıyla ilgili olmaktadır (1).

Türkiye'de iş dünyası ve sanayisinin son on yılda sürdürülebilir kalkınma konusundaki değişim ve gelişimini incelerken, doğal olarak, ekonomik, toplumsal ve çevresel değişimleri de değerlendirmek gerekir. Türkiye'de pazarı oluşturan toplumsal ve ekonomik koşullar, özellikle son on yılda yaşanan ağır krizlerin etkisiyle, üretimden kaynaklanan çevre sorunlarına oranla daha öncelikli bir sorun olarak ele alınmaktadır. Bununla birlikte Türkiye'de Rio Konferansı'nı izleyen on yıl içinde sürdürülebilirlik kavramının Türkiye iş dünyası ve sanayisi tarafından tanınması, kabul edilmesi ve ölçülebilir kılınması yolunda önemli yollar kat edilmiştir. Türkiye'de çevre mevzuatı büyük ölçüde bu son on yılda oluşturulmuştur. Ayrıca, Çevre Bakanlığı'nın çevre kirliliğini önlemeye ve denetlemeye yönelik düzenlemeleri ile mevzuatın Avrupa Birliğine uyum çalışmaları kapsamında gözden geçirilmesi de bu anlayışla gerçekleştirilmektedir (1, 2, 3, 4).

Atık yönetimi, sürdürülebilirlik ilkesinin uygulamadaki önemli bileşenlerinden birisi olup üretim ve hizmetlerden kaynaklanan atıkların, çevre ve insan sağlığına uygun bir biçimde yönetimini gerektirmektedir. Günümüze gelinceye kadar tüm dünyada atık yönetiminin genel ilkesi minimum masraf ve işleme ile çevreye atma veya boşaltma olmuş, endüstriyel atıklar giderilmekten ziyade yer değiştirmişlerdir. Bu yapılırken de atıkların zararsız hale getirilmesi için büyük su kitlelerine salmak, yakmak, kimyasal arıtma işlemleri, biyolojik arıtma işlemleri ve yeniden kullanımdan yararlanılmıştır. Son dönemlerde atık yönetimine geri dönüşüm ve yeniden kullanım prensibiyle yaklaşılmakta ve bu bakış açısı içinde atık maddeler çeşitli ürünler için yeni hammaddeler anlamına gelmektedir. Atık yönetimi içinde doğru yöntemin belirlenmesinde üretim prosesi, teknolojisi veya ürün cinsi modifiye edilerek atık miktarı azaltılabilir ya da tamamen ortadan kaldırılabilir mi sorusu ile, atığı doğal çevreye veya başka bir prosese sokarak hem çevre kirliliğini önleme hem de atıktan daha fazla yararlanma yolları bulunabilir mi sorusunun cevapları en ekonomik çözümlerin ortaya çıkmasında yol gösterici rol üstlenmektedir. Sonuç olarak başarılı bir atık değerlendirme programı ;

- Geri kazanılan ürünlerin faydalı kullanım alanlarına yönlendirilmesi
- Karlılık göz önüne alınarak pazarlanabilirliğinin araştırılması
- Uygun bir yeniden işleme teknolojisinin kullanılması
- Ekonomik ve sosyal açıdan kabul görebilecek girişimlerin başlatılmasına

ilişkin parametreleri göz ardı etmemelidir. Bu amaçla agro-endüstriyel atıklar kullanılarak gerçekleştirilebilen entegre teknolojilerle birlikte son yıllarda giderek önem kazanan eko-

teknolojiler (endüstriyel ekoloji) ortaya çıkmıştır. Bu görüşün dayandığı temel ilke, endüstriyel kuruluş ve işletmelerin etkinliklerini sürdürürken biyolojik eko sistemleri örnek almalarıdır. Biyolojik eko sistemlerde geniş bir etkileşim ağı içinde, üretilen her madde doğadaki herhangi bir organizma tarafından kendi metabolizmasını desteklemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu ilkedan hareketle belirli bir bölge içinde birbiri ile simbiyotik bir ilişki kurabilecek tesislerin bir arada bulunduğu entegre endüstriyel parkların kurulmasına gidilmektedir (5). Burada bir işletmenin atığı bir diğerinin hammaddesi olmakta ve teknoloji geliştikçe sıfır atığa doğru bir evrim gerçekleşmektedir. Bu görüş globalleşen dünyamızda giderek yayılmakta ve benimsenmektedir. Farklı ülkeler kendi kendine yetebilen, ekolojik sanayi parklarını, kendi sosyoekonomik koşulları içinde gerçekleştirmeye çalışmaktadır (5, 6, 7). Atıklar için teknolojik alternatifler geliştirmek çevreye olan zararları en az düzeye indirmekte ve atıkların üretim döngüsüne yeniden girmesini sağlamaktadır.

Bu makalede gıda atıklarından elde edilen enzimler ve atık değerlendirmede enzim preparatları kullanılarak yapılan çok yönlü uygulamalarla kazanılan ürünler genel bir perspektifle ele alınmıştır.

2.GIDA SANAYİ ATIKLARININ TÜRLERİ VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Sanayileşmekte olan Türkiye'de ortaya çıkan sanayi atıklarının türleri, gelişmiş ülkelerdekilerden farklı değildir. Sanayi atıklarının miktar ve dağılımlarını belirlemek ve bu atıklardan ortaya çıkan çevre sorunlarını incelemek amacıyla Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE), çeşitli yerel yönetimler ve sanayi kuruluşları (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği-TOBB, İstanbul ve Kocaeli Sanayi Odaları) 1991-95 yılları arasında sanayi kökenli atıkların envanterlerinin hazırlanması için çalışmalar başlatmışlardır. Türkiye'de DİE tarafından 1994, 1995,1996 ve 1997 yıllarında yapılan imalat sanayisi atık envanterlerinden yararlanılarak, Türkiye geneli için atıkların ürettikleri sektörlerle ve türlerine göre dağılımı ve bertaraf edilen miktarlarla ilgili veriler değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmaktadır :

- Türkiye'de imalat sanayisi tarafından yılda 13 milyon tonun üzerinde atık üretilmektedir.
- Bu miktarın yaklaşık % 57'si bertaraf edilmektedir. Bertaraf edilen atıkların yaklaşık %30'u belediye çöplüklerinde, % 70'i ise düzensiz ve denetimsiz olarak uzaklaştırılmaktadır. Böylece yılda beş milyon ton dolayında sanayi atığı çevre ve insan sağlığına uygun olmadan alıcı ortama bırakılmakta ve önemli bir sorun oluşturmaktadır.

Metal, kimya ve gıda sanayileri sanayi atıklarının oluşmasında başı çeken sektörlerdir (1, 4).

Türkiye'de sürdürülebilir kalkınma üzerinde gıda sanayisinde etkisi önemli düzeydedir. Bu sektörden kaynaklanan atıkların ancak % 20'si bertaraf edilebilmektedir. Bu aşamada da alışlagelmiş yöntemler kullanılmaktadır. İncelendiğinde gıda sanayinde pek çok katı ve sıvı atık ortaya çıkmaktadır. Gıda işleme operasyonlarından çıkan sıvı atıklar biyolojik oksijen gereksinimine (BOD) göre düşük BOD (genellikle <5000 ppm) ve yüksek BOD (genellikle >20 000 ppm) içerikli olanlar diye iki sınıfa ayrılabilirken, katı atıklar ise sıvı atıklarda olduğu gibi hammaddeye ve işleme koşullarına bağlı olarak karbonhidrat, protein, yağ ve diğer bileşenleri taşımaktadır (6).

Gıda sanayi atıklarının entegre sistemler içinde değerlendirilmesi düşünüldüğünde atıkların kompozisyonu (karbonhidrat, protein, yağ gibi), toksik bileşenlerin varlığı

(ağır metaller, herbisit ve insektisitler gibi), atığın bulunabilirliği, dönüştürülebilirliği, fiyatı, üretilen ürünlerin kullanımı, rekabet durumu, yatırım masrafı, sosyo-ekonomik ilişkiler mutlaka göz önüne alınmak durumundadır.

Mikrobiyal gelişmeye son derece olanaklı olan gıda sanayi atıkları geri döndürme ve geri kazanım yöntemleri kullanılarak enerji üretimine dahil edilebilir. Bu durumda nemlilik değeri dikkate alınarak biyokütle doğrudan yakıt olarak kullanılabilirdiği gibi anaerobik dönüşümler ile biyogaz yada etanol diğer yakıt alternatifleri olarak üretilir. Royal Dutch/Shell firması 2050 yılında biyo-bazlı ürünlerin dünya kimyasal ve yakıt ihtiyacının % 30'unu karşılayacağını ve biyokütle pazar değerinin 150 milyar dolar değerinde olabileceğini belirtmiştir. Burada, selulozik biyokütleli şekerlere dönüştüren selulaz enziminin fiyatı en önemli faktör olarak ortaya konulmuştur. Amerika Enerji Dairesi, enzim üreticisi Genansor ve Novozim firmalarını selulaz enzim fiyatını % 10 düşürmeleri halinde 32 milyon dolar ile ödüllendireceğini açıklamıştır. Bu açıklama biyo-etanol üretimi ve diğer şeker bazlı fermantasyonların uygulanabilirliğini teşvik edici etki yaratmıştır. Burada çok önemli bir nokta ortaya çıkmaktadır. Bir prosesin uygulanabilirliği, enerji ve hammadde kullanımına, atık üretimine, prosesin devamlılığına, güvenilirliğine ve ürün kalitesine bağlıdır. Kullanılan enzimin fiyatı göz önüne alındığında, enzimlerin mikrobiyal olarak düşük maliyetle üretilmesi önem kazanmaktadır. Enzim kullanımı ile proseslerdeki ürün veriminin artması ve atık miktarının azalması harcamaların düşmesine neden olmaktadır, Bu durum da biyoprosesleri, geleneksel kimyasal yöntemlere göre avantajlı konuma taşımaktadır (8).

Agro-endüstriyel atıklardan alternatif enerji kaynaklarının üretilmesi yanı sıra karbonhidrat ve farklı miktarlarda protein içeriği ile hayvan beslenmesinde de yararlanılmaktadır. Mikrobiyal protein üretimi ve silaj gibi biyoproses uygulamaları ile de lezzet ve besin değeri iyileştirilebilmektedir. Agro-endüstriyel atıklar toprağın organik madde içeriğini artırdığından doğrudan veya belli işlemlerden geçirildikten sonra gübre ve toprak şartlandırıcı olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca kağıt ve karton hammaddesi ve yapı malzemeleri üretiminde de yine agro-endüstriyel atıklardan yararlanılmaktadır (9, 10, 11).

Gıda sanayi atıklarının halen kullanılmakta olan yeniden değerlendirme olanakları, mikrobiyal olarak metabolize edilebilir komponentlerin biyoproses uygulamaları ile yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülmesi, bu ürünlerin de kimyasallar ve gıda katkı maddeleri olması öncelikli olarak ele alınabilir.

Ülkemizde gıda sanayi atık/atıklarının birçoğu küçük çaplı işletmelerden elde edilmekte veya birbirinden uzak bölgelerde üretilmekte olup hacimce büyük, yoğunlukça düşük değerler taşımaktadır. Diğer taraftan atıkların nem içeriği (genellikle >%5) ve organik madde kompozisyonu mikrobiyal gelişime olanak sağladığı için kolay bozulmaktadır. Tüm bu nedenler toplama, taşıma, ulaşım ve depolama masraflarının artmasına ve maliyetlerin yükselmesine neden olmaktadır. Oysa yeniden değerlendirmenin ekonomik olabilmesi negatif veya sıfır değere sahip atıkların değerlendirilmesi ile mümkündür. Agro-endüstriyel atıklar için mevsimsellik ekonomik yönden göz ardı edilmemesi gereken bir diğer olgudur. Birden fazla atık tipini işleyebilecek esnekliğe sahip tesis oluşturulması bu açıdan önemlidir. Tarıma dayalı endüstri dalları arasında gıda sanayi atıkları ;

- Meyve ve sebzeler, yumru kökler
- Şeker, nişasta ve şekerlemeler

- Tahıllar ve yağlı tohumlar
- Destile içkiler, biraçılık ve şarapçılık
- Et, tavuk, yumurta
- Balık ve deniz ürünleri
- Süt ve sütçülük ürünleri

olarak kullanılan hammaddeye göre gruplandırılabilir. Bu durumda ortaya çıkan atık kompozisyonunu da gruplandırmak mümkündür. Atık kompozisyonuna etki edilerek yeni ürün elde etmek ya da bu kompozisyonu enzim üretiminde hammadde kaynağı olarak kullanmak günümüzde geçerli olan çevre politikalarına uygulama alanı yaratacak ve aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma hedeflerimize katkı koyacaktır (6, 7). **3. ATIKLARA UYGULANAN ENZİMLER VE ELDE EDİLEN ÜRÜNLER**

Gıda sanayi atıklarının eko teknolojik yaklaşım ile değerlendirilmesinde kullanılacak ya da üretimi gerçekleştirilecek olan enzimler çoğunlukla hidrolazlar ve oksido redüktazlar grubunda yer almaktadır (12) (Tablo 1).

Tablo 1. Gıda sanayi atıklarının işlenmesinde kullanılan enzimler

Enzim	Grubu	Uygulama Alanı
Amilaz	Hidrolaz	Hububat, pirinç, atık su
Hemiselülaz	Hidrolaz	Kahve, hububat, meyve, sebze
Kitinaz	Hidrolaz	Kabuklu deniz ürünleri
Laktaz	Hidrolaz	Süt ve sütçülük ürünleri
Lipaz	Hidrolaz	Yağ ve yağlı tohumlar
Mannaz	Hidrolaz	Kahve
Pektinaz	Hidrolaz	Meyve, sebze işleme
Proteaz	Hidrolaz	Et, balık, tavuk, yumurta
Selülaz	Hidrolaz	Meyve, sebze, hububat
Ksilanaz	Hidrolaz	Hububat ve yağ sanayi
Lakkaz	Oksidoreduktaz	Meyve, sebze, zeytinyağı
Mangan peroksidaz	Oksidoreduktaz	Meyve, sebze, zeytinyağı
Peroksidaz	Oksidoreduktaz	Atık su

Amilaz enzimi özellikle nişasta içeren gıda atık sularında nişastanın uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaktadır. Nişasta içeren atık sular aynı zamanda amilaz enziminin mikrobiyal kaynaklardan üretilmesi için substrat olarak da değerlendirilmektedir. Nişasta polimerinin enzimatik olarak monomer yapısına (glukoz) hidrolizlenerek biyoproses uygulamalara sokulması mikrobiyal kaynaklı yüksek katma değerli ürünlerin üretilmesinde karbon ve enerji kaynağı ihtiyacını karşılamaktadır. Özellikle patates işleme tesislerinin atık suları mikrobiyal üretimler için uygun karakteristiktir (13). Polilaktik asit bu yaklaşımla nişasta içeren gıda atığından üretilebilen laktik asidin polimeridir. Biyolojik olarak yıkıma uğratılabilen, çevre açısından güvenli bir plastiktir (14). Enerji ihtiyacı açısından üzerinde durulan bir kaynak olarak düşünülen etanolde nişasta içeren gıda atıklarından üretilebilmektedir. Aynı zamanda etanol başta kimya sanayi olmak üzere gıda sanayini de içine alan pek çok sanayi kolunun önemli bir girdisidir (15).

Gıda sanayimizde meyve sebze işlemesi önemli bir yer tutmaktadır. Konserve sanayi, donmuş ürünler, domates suyu ve konsantre ürünleri, meyve suyu ve konsantreleri, kurutulmuş ürünler için geliştirilen teknolojilerde özellikle pektinaz ve selülaz enzimlerini kullanmaktadır. Söz konusu ürün atıklarının değerlendirilmesinde de ortaya çıkan atık su ve katı atık kompozisyonları yine taze ürün olarak tüketilemeyen meyve sebze kaynakları bu enzimlerin mikrobiyal kaynaklardan üretimini ve/veya kullanılmasını olanaklı kılmaktadır (16). Asidik pektinazlar meyve suyu endüstrisinde ekstraksiyon, vizkozite düzenleme ve berraklaştırma amaçlı

olarak kullanılmaktadır (17). *Bacillus* sp kaynaklı alkali pektinazlar pektin içeren atık suların arıtılmasında başarılı sonuçlar verirken bu enzimin aynı zamanda yağ ekstraksiyonunda, kahve ve çay fermentasyonunda da uygulamaları bulunmaktadır (16). Meşrubat sanayinin ihtiyaç duyduğu doğal kaynaklı bulanıklık oluşturan bileşenler, turuncgil işletmeleri yan ürünleri ve atıklarından pektolitik aktiviteden yararlanılarak elde edilmektedir (17). Gıda sanayinde kullanılan ticari poligalaktronaz enzim preparatları ise özellikle *Aspergillus niger* ve *Kluyveromyces marxianus* kullanılarak derin kültür tekniği ile üretilmektedir (18, 19, 20). Yakın zamanda mikrobiyal poligalaktronazın gıda işleme atıklarından üretimine de ilgi artmıştır. *Polyporus squamosus* ile ucuz ve pektince zengin şeker pancarı ekstraksiyon atığı substrat olarak kullanılarak endo ve ekzo poligalaktronaz üretimi gerçekleştirilmiştir (21). Oluşan biyokütlenin ise hayvan beslenmesinde protein kaynağı olarak değerlendirilmesi önerilmiştir. Poligalaktronaz enzimi üretiminde derin kültür tekniği uygulanabileceği gibi katı kültür fermentasyon tekniği ile de poligalaktronaz enziminin üretilmesi mümkündür. *Lentinus edodes* elma ve çilek işletmelerinden çıkan ve pomad adı verilen atık üzerinde katı kültür tekniğine uygun olarak poligalaktronaz enzimi üretimi gerçekleştirilmiştir (22).

Katı kültür tekniğinin kullanıldığı bir diğer atık ise lignoselulozik içeriği yüksek olan muz meyvesi atıklarıdır. Selülaz enzim üretiminin gerçekleştirildiği çalışmada muz meyvesi atıklarından izole edilmiş *Bacillus subtilis* kullanılmıştır. Atık kompozisyonunda yer alan nişasta ise amilaz enzimi üretimi için substrat olarak değerlendirilmiştir (23).

Bir başka üretim tekniği olan yarı katı kültür tekniği, üzüm çekirdeği, buğday samanı ve tahta talaşından lignolitik enzimlerin üretilmesi için *Phanerochate chrysosporium* ile denenmiş ve oksidoreduktazlar grubunda yer alan lignin peroksidaz ve mangan peroksidaz enzimlerinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen bu enzim preparatı tekstil sanayinin boya içeren atıklarında biyolojik renk açma amacıyla kullanılmış ve %74'e varan renk açılımı sağlanarak başarılı sonuçlar alınmıştır (24). Lignin peroksidaz, mangan peroksidaz ve lakkaz enzimleri organik (fenolik) bileşiklerce zengin atıkların arıtılmasında kullanıldıkları gibi bu enzimlerin fenolik bileşik içeren atıklardan mikrobiyal olarak üretimleri de araştırılmaktadır (25, 26). Ülkemizde bu nitelikte olan gıda sanayi atığından biri zeytin karasuyudur. Zeytin karasuyu kompozisyonunda yer alan fenolik bileşiklerin fitotoksik etki göstermesi nedeniyle tarımsal alanlarda sulama amaçlı kullanılamamaktadır. Zeytin karasuyunun biyolojik yöntemlerle arıtılmasında fenol yıkımını sağlayan enzim sistemlerine sahip olan mikroorganizmalar önem kazanmaktadır (27, 28). *Phanerochate flavido-alba* zeytin karasuyunda gelişerek lakkaz ve mangan peroksidaz enzimlerini üretebilen bir fungusdur. Bu fungusun substrat olarak zeytin karasuyu kullanarak ürettiği lakkaz ve mangan peroksidaz enzimleri, zeytin karasuyunda fenolik bileşiklerin giderimi ve renk açılımında rol almıştır (29). Bu amaçla kullanılan ve endüstriyel suş olarak değer taşıyabilecek diğer funguslar arasında *Coriolus versicolor*, ve *Funalia trogii* ile *Lentinula edodes* bulunmaktadır. *Phanerochate cyrsosporium*, *Pleurotus ostreatus* da zeytin karasuyunda üretilmiş ve bu fungusların ürettiği lignin peroksidaz, mangan peroksidaz ve lakkaz enzimleri yine zeytin karasuyunda renk ve fenolik madde giderimi sağlamıştır (30, 31, 32, 33). Lignoselulozik içeriği yüksek kahve posası üretim ortamında substrat olarak kullanıldığında yine *Pleurotus* cinsine ait *Pleurotus ostreatus* ve *Pleurotus pulmonarius* endoglukonaz (karboksimetilselülaz), sellobiyohidrolaz, mangan peroksidaz ve lakkaz enzimlerinin üretiminde başarılı sonuçlar vermiştir

üretimi olmamakla birlikte, kahve üretimi yapılan tropik ve subtropik bölgelerde büyük miktarda açığa çıkan lignoselulotik atığın biyolojik yıkımının sağlanması mümkün olabilecektir. Ksilanaz ve karboksimetil selulaz enzimlerinin üretimi için hurmadan yağ elde edilmesinden sonra ortaya çıkan lignoselulotik yapıdaki atık katığı kültür ortamı olarak değerlendirilmiş, *Aspergillus niger* ATCC 6275 bu amaçla kullanılan mikroorganizma olmuştur (35). Ksilanaz enzimi üretimi için yine lignoselulotik yapıda buğday kepeği, pirinç kabuğu ve yulaf ezmesi substrat olarak üretim ortamında yer almış ve *Aspergillus niger* PPI'nin derin kültür yöntemi ile üretimi gerçekleştirilmiştir (36). Şeker endüstrisi atığı olan şeker pancarı küspesi karboksimetil selulaz, ksilaz ve poligalakturonaz enzim aktivitesine sahip mikroorganizmalarca biyolojik yıkıma uğratılabilen bir diğer atık kaynağıdır. Ksilanaz enzim aktivitesi şeker pancarı küspesinin biyolojik yıkımda etkin rol üstlenmiştir (37). Ksilanaz enziminden büyük ölçüde gıda, kağıt ve tekstil sanayinde yararlanılmaktadır (38).

Enzimatik hidroliz deniz ürünlerinden özellikle balıktan çözünebilir balık proteini hidrolizatı elde edilmesinde de kullanılmaktadır. Bu çözünebilir hidrolizat, kurutma işlemi ile kararlı ve yüksek protein içerikli bir ürüne dönüştürülmekte ayrıca balık yemi olarak da değerlendirilmektedir. Konserve balık işleminde, orijinal hammaddenin %50-70 kadar yüksek bir oranda katı atığın ortaya çıktığı düşünülürse enzimatik uygulama ile yüksek katma değerli ürünlerin elde edilmesinin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır (12, 39). Balık işleme sanayi atıklarından bir başka katma değeri yüksek ürün olan biyodizel yakıt amaçlı olarak üretilebilmektedir. Örneğin Japonya'da tuna balığı yağının metanolizi ile lipaz enzimi kullanılmaktadır. Enzimatik metanolizde herhangi bir atık ortaya çıkmaması lipaz enziminin tercihini de artırmaktadır (40).

Kabuklu deniz ürünleri atıkları ise çoğunlukla katı kültür fermentasyonuna uyan substratlardır. Kitin, karides ve yengeç kabuğu atıklarından ticari olarak elde edilen bir üründür. Kitin ve kitinin diasetillendirilmesi ile elde edilen kitosan biyoyoumlu olup, insan ve pek çok hayvanda biyo-yıkıma uğrayabilmektedir. Antikanser tedavisinde tümörlerin küçültülmesinde, kontrollü ilaç salımında, immünolojik ve antitoksik uygulamalarda, yara iyileştirmede, kozmetik sanayinde (nemlendirici olarak) ve kontak lenslerde kullanılmaktadır. Ayrıca biyoproses alt akım işlemlerinde aminositlerin adsorpsiyonunda, biyomoleküllerin immobilizasyonunda kristal beta-kitin, implantasyona uygun glukoz sensörlerinde destek materyali olarak kullanılmaktadır. Çevre kirliliği kontrolünde ise atık suların boya ve ağır metallerin adsorpsiyonunda, ayrıca atık sularda ön arıtmada flokulant, yağ-su emülsiyonlarında ise stabilizer olarak geniş bir alanda ilgi görmektedir. Kitinin ayrıca fermentasyon uygulamalarında üretimi artırıcı etkisi de saptanmıştır. Bu etki şeker kamışı melasından etanol üretiminde sürenin kısılması ile sağlanan verimlilik artışıyla da ortaya konulmuştur (41).

Kitin ve türevlerinin özellikle de kitosanın sahip olduğu kullanım potansiyeli kabuklu deniz ürünleri atıklarının ekolojik yaklaşım ile değerlendirilmesini önemli kılmaktadır. Katı kültür fermentasyonunda substrat olarak güneşte kurutulmuş karides atığı *Beauveria bassiana*, kitinolitik enzim üretimi için kullanılmıştır (42). Yine karides işleme atığında bir başka uygulama da ise yüksek kalitede kitosan üretimi gerçekleştirilmiştir. Karides atıklarında bulunan proteinler ticari proteaz enzimi (Alkalaz) ile hidrolize edilerek yüksek oranda aminoasit içeren protein hidrolizatı elde edilmiştir. Alkalaz uygulaması kitosan verim ve kalitesinde olumsuz bir

etki yaratmamıştır. Bunlara ek olarak aynı üretim akışı içinde astaksantin konsantrisi, santrifüjasyon sonrası elde edilmiş ve somon balığı yeminde renk verici katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Karides ve yengeç kabuğu atıkları ile gerçekleştirilen bir entegre uygulamada ise *Pseudomonas aeruginosa* K-187 tarafından ham proteaz enzimi üretilmiş, üretilen bu proteolitik enzim preparatı immobilize edilerek başka bir proses basamağında yine atıklardaki proteinlerin hidrolizasyonunda kullanılmıştır (43). Keronolitik proteaz aktivitesine sahip enzim preparatlarının üretiminde de kaynak olarak kümes hayvanlarının tüylerinden yararlanılmıştır. Kümes hayvanları atığı tüyden izole edilen ve tanımlaması yapılan *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilis*, *Bacillus cereus* bu üretimde kullanılan mikroorganizmalar olmuştur (44).

4. SONUÇ

Artan dünya nüfusuyla birlikte doğal kaynakların giderek tükenmesi çevre kirliliğinden kaynaklanan sağlık sorunları, yeşil örtünün azalmasıyla ekolojik dengeyi bozulması, küresel ısınma gibi sorunlar gündemimize yerleşmiştir. Doğamızda giderek büyüyen atık miktarında gıda sanayinin de önemli bir payı vardır. Bu atıkların değerlendirilmesinde biyoteknolojik proseslerde önemli gelişmeler sağlanmış, biyolojik işlemlerin endüstrileşmesiyle de enzimler önemli bir kullanım alanı bulmuşlardır. Bu bağlamda yapılan tüm işlemler sürdürülebilir kalkınma yaklaşımına uygun olduğu takdirde ekosistemlerin gördüğü zararlar azalacak, doğal kaynakların korunumu sağlanabilecektir.

5. KAYNAKLAR

1. Anon, (2004) a). http://www.cevko.org.tr/surdur/rapor_turk/
2. Anon, (2004) b). <http://www.vizyon2023.tubitak.gov.tr/teknolojiongorusu/>
3. Anon, (2004) c). <http://www.youthforhab.org.tr/tr/etkinlikler/>
4. Anon, (2004) d). <http://www.tobb.org.tr/organizasyon/cevre/>
5. Edgington, S. M. (1995). *Industrial Ecology: Biotech's Role in Sustainable Development*, *Bio/technology* 13 (1), 31-33.
6. Sukan-Vardar, F. (1997). Ege Bölgesi agro-endüstriyel atıkları için veri tabanı oluşturulup bu atıkların biyoteknolojik prosesler ile değerlendirme olanaklarının incelenmesi, Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı stratejik odak nokta projesi 182/S.
7. Sukan-Vardar, F. (2003). Sürdürülebilir Kalkınmada Biyoteknolojinin Rolü, Sürdürülebilir Kalkınma için Biyoteknoloji Çalıştayı, 21-24 Ekim, Ege Üniversitesi Biyomühendislik Bölümü ve Ege Üniversitesi Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (EBİLTEM), İzmir.
8. Baker, R.A. and Wicker, L. (1996). Current and potential applications of enzyme infusion in the food industry, *Trends in Food Science & Technology* September, 7
9. Beilen Jan B.V. and Li Zhi, V. (2002). Enzyme technology: an overview, *Current Opinion in Biotechnology*, 13: 338-344.
10. Kirk, O., Borchert, T.V. and Fuglsang, C.C. (2002). Industrial enzyme applications, *Current opinion in Biotechnology*, 13, 345-351.
11. Schmid, A., Hollmann, F., Park, J.B. and Bühler, B. (2002). The use of enzymes in the chemical industry in Europe, *Current Opinion in Biotechnology*, 13, 359-366.
12. Shoemaker, S. (1986). The Use of Enzymes for Waste Management in the Food Industry, *Biotechnology in Food Processing*, 17, 259-269.
13. Esener, A. A. (1979). Bakterisel Alfa Amilaz Önemi, Özellikleri ve Üretim Teknolojisi, *Gıda*, 4/5, 145152, 1979.
14. Coleman, R. (2002). Plastics from potato waste, *World Magazine*.
15. Kargı, F. (1995). Nişastalı Atıklardan Etanol Üretimi, *Çevre Bilimleri*, 2, 33-38.

16. Kashyap D.R.,Vohra P.K.,Chopra S. and Tewari R. (2001). Applications of pectinases in the commercial sector: a review, *Bioresource Technology*, 77, 215-227.
17. Sreenath, H.K., Crandall, P. G. and Baker, R. A.(1995).Utilization of citrus by-products and wastes as beverage clouding agents, *Journal of Fermentation and Bioengineering*, Vol. 80, No 2, 190-194.
18. Harsa, S., Zaror, C. A. and Pyle, D.L. (1993). Production of polygalacturonases from *Kluyveromyces marxianus* fermentation:preliminary process design and economics, *Process Biochemistry*, 28:187-93.
19. Stratilova, E., Breierova, E. and Vadkertiova, R. (1996). Effect of cultivation and storage pH on the production of multiple forms of polygalacturonase by *Aspergillus niger*, *Biotechnol. Lett.*, 18:41-4.
20. Galiotou, P. M., Kapantaj, M.and Kalantzi, O. (1997). Growth conditions of *Aspergillus sp. ATHUM-3482* for polygalacturonase production, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 47:425-9.
21. Antov, M.G., Peričin, D.M. and Dimić, G.R. (2001). Cultivation of *Polyporus squamosus* for pectinase production in aqueous two-phase system containing sugar beet extraction waste, *Journal of Biotechnology*, 91, 83-87.
22. Zheng, Z. and Shetty, K. (2000). Solid state production of polygalacturonase by *Lentinus edodes* using fruit processing wastes, *Process Biochemistry*, 35, 825-830.
23. Krishna, C. (1999). Production of bacterial cellulases by solid state bioprocessing of banana wastes", *Bioresource Technology*, 69:231-239.
24. Couto, S.R., Domínguez, A. and Sanromán, A. (2001). Utilisation of lignocellulosic wastes for lignin peroxidase production by semi-solid-state cultures of *Phanerochaete chrysosporium*, *Biodegradation*, 12, 283-289.
25. Rosales, E., Couto, R.S. and Sanroman, A. (2002). New uses of food waste :application to laccase production by *Trametes hirsuta*", *Biotechnology Letters*, 24, 701-704.
- 26.Rosales, E., Couto, R.S. and Sanroman, A.(2004). Reutilization of food processing wastes for production of relevant metabolites:application to laccase production by *Trametes hirsuta*", *Journal of Food Engineering*, online basımda.
27. Öngen, G. ve Güngör, G. (2004). Zeytin karasuyundan biyokütle elde edilmesi ve fenol giderimine etkisi Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
28. Emtiazi, G., Naghavi, N. and Bordbar, A. (2001) Biodegradation of lignocellulosic waste by *Aspergillus terreus*, *Biodegradation*, 12, 259-263, 2001.
29. Perez J., Rubia T., Hamman Ben O. and Martinez J. (1998). *Phanerochaete flavido-alba* Laccase Induction and modification of Manganese Peroxidase Isoenzyme Patter in Decolorized Olive Oil Mill Wastewaters", *Applied and Environmental Microbiology*, 2726-2729.
30. Yesilada, O., Sik, S.and Sam, M. (1998). Biodegradation of olive oil mill wastewater by *Coriolus versicolor* and *Funalia togii*: effects of agitation, initial COD concentration, inoculum size and immobilization", *Journal of Microbiology &Biotechnology*, 14, 37-42.
31. D'Anniballe, A., Crestini C.,Vinciguerra V. and Sermanni, G. G. (1998). The biodegradation of recalcitrant effluents from an olive mill by a white-rot fungus. *Journal of Biotechnology*, 61, 209-218.
32. Greco, G., Toscano, G., Cioffi, M., Gianfreda, L. G. and Sannino, F. (1999). Dephenolisation of olive mill waste-waters by olive husk, *Wat.res.* Vol. 33, No.13, 3046-3050, 1999.
33. Kissi, M., Mountadar, M., Assobhei, O., Gargiulo, E., Palmieri, G. Giardina, P., and Sannia, G. (2001). Roles of two white rot basidiomycete fungi in decolorisation and detoxification of olive mill waste water. *Applied Microbial Biotechnology*, 57:221-226.
34. Velázquez- Cedeño, M.A., Mata, G. and Savoie, J. (2002).Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignocellulolytic enzymes, *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 18, 201-207.
35. Prasert, P, H, Kittikul, A., Kungphae, A., Maneesri, J. and Oi, S. (1997). Optimization for xylanase and cellulase production from *Aspergillus niger* ATTC 6275 in palm oil mill wastes and its application", *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 13, 555-559.
36. Pandey, P. and Pandey, A K. (2002). Production of cellulase-free thermostable xylanases by an isolated strain of *Aspergillus niger* PPI, utilizing various lignocellulosic wastes", *World Journal of Microbiology &Biotechnology*, 18, 281-283
37. Ülñtürk, A.(1984). Pancar Küspesinde Bozulmaya Neden Olan Ksilanaz Aktivitesine Sahip Mikroorganizmaların İzolasyonu ve Tanımlanması, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri: B Gıda Mühendisliği, Cilt: 2 Sayı: 2.
38. Sargin, S. ve Öngen, G. (2003). Kanatlı yemi katkısı olarak kullanılan ksilanaz enziminin katı kültür fermantasyon yöntemi ile üretiminde ölçek büyütme çalışmaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40, 3, 145-153.
39. Gildberg, A. and Stenberg, E. (2001). A new process for advanced utilization of shrimp waste, *Process Biochemistry*, 36:809-812.
40. Guerard, F., Guimas, L. and Binet, A. (2002). Production of tuna waste hydrolysates by a commercial neutral protease preparation, *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 19-20:489-498, 2002.
41. Fesle, A.P. and Panda, T. (1999). Studies on applications of chitin and its derivatives, *Bioprocess Engineering*, 20:505-512.
42. Suresh, P.V. and Chandrasekaran, M. (1998). Utilization of prawn waste for chitinase production by the marine fungus *Beauveria bassiana* by solid state fermentation, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 14:655-660.
43. Oh, Y., Shih, I., Tzeng, Y.and Wang, S. (2000). Protease produced by *Pseudomonas eruginosa* K-187 and its application in the deproteinization of shrimp and crab shell wastes, *Enzyme and 188 Microbial Technology*, 27, 3-10.
- 44.Kim, J. M., Lim, W.J. and Suh, H.J. (2001). Feather-degrading *Bacillus* Species from poultry waste, *Process Biochemistry*, 37, 287-291.

Süt ve Süt Ürünlerinde Uygulanan Duyusal Test Teknikleri

II. BASKI

Prof.Dr.Harun UYSAL
Prof.Dr.Özer KINIK
Yrd.Doc.Dr.Gökhan KAVAS

İsteme Adresi:

Fevzipaşa Blv. Çelik İş Merkezi No:162 Kat: 3 D:302 Çankaya - İZMİR

Tel: +90 232 441 60 01

email : sidasmedya@mynet.com