

GIDA SANAYİNDE ENZİMLERİN ÖNEMİ

IMPORTANCE OF ENZYMES IN FOOD INDUSTRY

Sibel FADİLOĞLU*, Osman ERKMEN

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

ÖZET: Bitki, hayvan ve mikroorganizmalardan elde edilen enzimler birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Enzimler gıda sanayiinde özellikle meyve sularını daha berrak ve kararlı kılmak, sosis ve peynirin olgunlaşma zamanını azaltmak, ekmeğın hacmini artırmak, şarabın kalitesini ve verimini artırmak, yağları modifiye etmek ve ete yumuşak bir yapı sağlamak amacı ile kullanılmaktadır. Enzimlerin bu alanlarda kullanımını belirleyen faktörler enzimin özelliği, dayanıklılığı, aktivitesi, elde edilebilmesi ve fiyatıdır.

ABSTRACT: The enzymes produced from plants, animal tissues and microorganisms are used in different industrial areas. The enzymes in food industry are used mainly for stabilizing and clarifying fruit juices, reducing ripening time of sausage and cheese, increasing loaf volume of bread, improving quality and yield of wine, modifying fats and tenderizing meats. The factors that determines the use of enzymes in these fields are specificity, stability, activity, availability and cost.

GİRİŞ

Gıda sanayiinde uygun saflıkta ve fiyatta enzim kullanarak, kimyasal bir reaksiyonun yan ürün oluşturmadan gerçekleşmesi sağlanabilmektedir. Enzimler sayesinde kimyasal dönüşümler düşük sıcaklıklarda ve nötr pH sınırlarında daha hızlı gerçekleşebilmektedir. Serbest enzim aktivitesi ısı işlem ve pH ayarlamaları ile durdurulabilmektedir. Bu derlemede enzim kaynakları, enzim aktivitesini etkileyen faktörler ve gıda sanayiinde enzimlerin kullanım alanları konu edilmiştir.

ENZİMLERİN KAYNAKLARI

Çoğunlukla enzim üretimi fermentasyon teknikleri ile uygun küf, maya ve bakteri türleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Adams and Moss 1995, Ray 1996, Fadiloğlu and Erkmen 1999). Bunun yanısıra bazı enzimler hayvan dokularından (rennin, tripsin, saymotripsin, pepsin) ve bitkilerden (papain, bromelain, fisin) elde edilmektedir (Adams and Moss 1995, Ray 1996, Huang 1984). Genetik değişiklikler sonucunda oluşan rekombinant organizmaların seçilmesi enzim verimini artırmakla birlikte daha yararlı enzimlerin oluşturulmasına da olanak sağlamaktadır. Belli bir mikroorganizma tarafından üretilen enzim miktarını indüksiyon ile artırmak mümkündür. Gıdalarda doğal olarak bulunan enzimler gıda proseslerini değişik yollarla etkilerler. Meyve ve sebzelerde polifenol oksidaz enziminin sebep olduğu kararma reaksiyonları, pektik enzimlerin turunçgil sularını jelleştirmesi veya buğday özünde bulunan lipaz ve peroksidazların etkisiyle unun bozulması buna örnek olarak verilebilir. Bu nedenle gıdalarda bu tür enzimlerin ısı işlem veya diğer inaktivasyon yöntemleri ile inaktive edilmeleri gerekir. Ancak doğal olarak bulunan bazı enzimlerin yararlı olduğu da söylenebilir. Örneğin patates-te bulunan amilaz enzimi kızartılmış ürüne istenen tat verebilirken, elma ve üzümde bulunan pektik enzimler meyve sularının berraklaşmasında önemli rol oynarlar. Gıda üretiminde kullanılan enzimlerin sistematik ve genel adlandırılması Çizelge 1’de verilmiştir.

* E-posta: fadiloglu@gantep.edu.tr

Çizelge 1. Gıda üretiminde kullanılan enzimlerin sistematik ve genel adlandırılması (Knorr 1987, Reed 1966)

*E.C. No	Sistematik adı	Genel adı
	Oksidoredüktazlar	
1.1.3.4	β -D-Glukoz: O ₂ oksidoredüktaz	Glukoz oksidaz, notatin
1.10.3.1	o-Difenol: O ₂ oksidoredüktaz	Katekol oksidaz, polifenol oksidaz, katekolaz, fenolaz
1.11.1.6	H ₂ O ₂ :H ₂ O ₂ oksidoredüktaz	Katalaz
1.11.1.7	H ₂ O ₂ oksidoredüktaz	Peroksidaz
1.99.2.1	_____	Lipoksigenaz, lipoksidaz, karotenaz
	Transferazlar	
2.1.1.6	S-Adenosilmetionine: katekol O-metiltransferaz	Katekolmetiltransferaz
2.4.1.5	α -1,6-Glukan: D-fruktoz 2-glukosiltransferaz	Sukroz 6-glukosiltransferaz, dekstran sukraz
2.4.1.19	α -1,4-Glukan 4-glikozil- transferaz	B.makerans enzimi
	Hidrolazlar	
3.1.1.1	Karbolik ester hidrolaz	Karboksil esteraz, aliesteraz, B.esteraz
3.1.1.2	Aril ester hidrolaz	Ariesteraz, A esteraz
3.1.1.3	Gliserol ester hidrolaz	Lipaz
3.1.1.11	Pektin pektil hidrolaz	Pektin esteraz, pektin metil esteraz, pektaz
3.2.1.1	α -1,4-Glukan glukanohidrolaz	α - Amilaz
3.2.1.2	α -1,4-Glukan maltohidrolaz	β -Amilaz
3.2.1.3	α -1,4-Glukan glukohidrolaz	Glukoamilaz, a-amiloglukosidaz
3.2.1.4	β -1,4-Glukan 4-glukanohidrolaz	Sellulaz
3.2.1.9	Amilopektin 6-glukanohidrolaz	Amilopektin-1,6glukosidaz
3.2.1.10	Oligodekstrin 6-glukanohidrolaz	Oligo-1,6-glukosidaz, dekstrinaz
3.2.1.15	Poligalakturonid glikanohidrolaz	Poligalakturonaz, pektinaz
3.2.1.20	α -D-Glukozid glukohidrolaz	α -Glukosidaz
3.2.1.21	β -D-Glukozid glukohidrolaz	β -Glukosidaz
3.2.1.23	β -D-Galaktozid galaktohidrolaz	β -Galaktosidaz, laktaz
3.4.4.1	_____	Pepsin
3.4.4.3	_____	Rennin
3.4.4.4	_____	Tripsin
3.4.4.5	_____	Kimotripsin
3.4.4.7	_____	Pankreatopeptidaz E, elastaz
3.4.4.10	_____	Papain
3.4.4.11	_____	Kimopapain
3.4.4.12	_____	Fisin
3.4.4.24	_____	Bromelain
3.4.4.16	_____	Subtilipeptidaz A, subtilisin, bakteri proteazı
3.4.4.17	_____	Aspergillopeptidaz A, fungal proteaz
3.4.4.19	_____	Klostridiopeptidaz A, kollagenaz
	Izomerazlar	
5.3.1.9	d-Glukoz 6-fosfat ketol izomeraz	Glukozfosfat izomeraz, glukoz izomeraz

*E.C. No: Enzyme Commission number

ENZİM AKTİVİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

1. Sıcaklık

Enzimler ısıya duyarlı olup, ısı işlemler enzimlerin katalitik özelliklerinin azalmasına veya kaybolmasına sebep olabilmektedir. Sıcaklık artışı enzimlerin aktivitesini artırmakla birlikte yüksek sıcaklıklarda enzimlerin inaktivasyon hızı da artar. Gıda proseslerinde kullanılan enzimlerin çoğu 45 °C'nin üzerinde inaktive olur. Bazı enzimler yüksek sıcaklıklara dirençlilik gösterirler. Küf ve maya kaynaklı (fungal) proteazlara göre ısıya daha dayanıklı olan papain etin yumuşatılmasında önemli rol oynamaktadır. Benzer şekilde fungal amilaza kıyasla ısıya daha dirençli olan malt amilazı unlu mamullerde kullanılmaktadır (Reed and Thorn 1971).

2. pH

Proteinler farklı pH değerlerinde çözünürlük, ozmotik basınç ve viskozite gibi parametreler yönünden değişim gösterirler. Bu nedenlerle enzimler farklı pH değerlerinde farklı aktiviteye sahiptirler. Bu farklılık enzim, substrat veya enzim-substrat kompleksinin iyonlaşmasındaki değişime bağlıdır. Genelde, enzimler sınırlı bir pH aralığında aktivite gösterirler. Fakat pH-aktivite profili bir enzimi tanımlamaya yeterli değildir. Çünkü enzimlerin optimum pH değeri farklı substratlara bağlı olarak değişiklik gösterir. Gıda proseslerinde benzer substratları işleyen enzimlerin optimum pH'sı arasındaki farklılıklar büyük önem taşır. Örneğin pH 4.5'de yüksek proteolitik aktiviteye sahip olan bir enzim bira üretiminde soğuktan kaynaklanan bulanıklığı önlemek için kullanılırken, pH 5.5'den yüksek olduğu durumlarda etin yumuşatılması için kullanılır. Pratik uygulamalarda, gıdanın pH değerini enzimin optimum pH değerine ayarlamak mümkün olmaz. Asıl olan gıdanın doğal pH'sında maksimum aktivite gösteren enzim türünü seçmek ve kullanmaktır.

3. Radyasyon

Elektromagnetik dalgaların oluşturduğu radyasyon enzim aktivitesini etkiler. Ultraviyole ışınlar tripsin, saymotripsin, lizozim ve ribonükleaz gibi enzimlere uygulandığında enzimlerin inaktive olduğu, bunun nedeninin muhtemelen enzimlerin amino asit yapısındaki disülfid ve aromatik gurupların fotokimyasal ayrışımından kaynaklandığı belirtilmiştir. İyonize radyasyonla ışınlama gıda proseslerinde bir koruma yöntemi olarak kullanılmaktadır (Erkmen 2000, Reed 1966). Ancak enzimlerin inaktivasyonu için mikroorganizmalara uygulanan radyasyondan daha yüksek dozajda radyasyon uygulanması gerekmektedir.

4. Basınç

Enzim inaktivasyonuna neden olan bir diğer faktör yüksek basınç uygulamasıdır. Yüksek hidrostatik basınç pektinesteraz, lipaz, polifenol oksidaz, lipoksigenaz, peroksidaz, fosfataz ve katalaz gibi enzimler üzerine uygulanmış ve enzimlerin inaktive olduğu saptanmıştır. Bu uygulamada enzim inaktivasyonunun uygulanan basınca, zamana, sıcaklığa, pH'ya ve enzim türüne bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir (Seyderhelm ve ark. 1996).

5. Nem

Enzimatik reaksiyonların hızı ortamdaki çözünürün türü ve konsantrasyonuna bağlıdır. Bu nedenle gıdaların nem miktarı enzimatik reaksiyonların hızı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Düşük nem seviyelerinde katı ortam enzim veya substratın difüzyonunu önlediğinden özellikle hidrolitik reaksiyonlarda sadece enzim ile içiçe olan substrat hidrolize edilir (Zaks and Klibanov 1988). % 16'dan düşük nem ortamında depolanan tahıllarda enzimatik reaksiyonlar sadece tahılların içerdiği doğal enzim aktivitesine bağlıdır. Ancak yüksek nem ortamlarında tahıllarda oluşan küflerden kaynaklanan enzimler de hidrolitik reaksiyonlarda önemli rol oynar (Lang and Steinberg 1980).

ENZİMLERİN GIDA SANAYİNDE KULLANIMI

Çizelge 2'de gıda sanayinde kullanılan bazı enzimler ve gıda sanayiinde uygulama alanları verilmiştir.

1. α -Amilaz

Fungal kaynaklı α -amilazın önemli uygulama alanlarının başında unlu mamuller gelmektedir. Bu süreçte α - ve β -amilazın etkisi sonucu oluşan glukoz ve maltoz, ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*) tarafından kullanılarak karbondioksit ve etanol oluşturulur. *Aspergillus oryzae* tarafından üretilen α -amilazın ısıya duyarlılığı oldukça düşük olması nedeni ile pişirme esnasında inaktive olmaz. Yapılan bir çalışmada *Aspergillus oryzae* kaynaklı α -amilaz tek başına veya pentozanaz ile birlikte kullanıldığında kabarma hacminde kayda değer bir artış sağlandığı belirtilmiştir (Krishnarau and Hosenev 1994). α -amilaz ve pentozanaz sayesinde parçalanmış nişasta granüllerinin ve çözünmeyen pentozanların hidrolizi ekmek kalitesini iyi yönde etkiler.

Isıya dayanıklı bakteri kaynaklı α -amilaz enzimi de birçok alanda uygulanmaktadır. Bunların başında nişastanın parçalanması, bira ve tekstil sanayii gelmektedir. Bakteri kaynaklı α -amilaz fermentasyon öncesi ni-

Çizelge 2. Gıda sanayinde kullanılan enzimler ve uygulama alanları

Sanayii	Enzim	Uygulama alanı
UNLU MAMULLER	Fungal α -amilaz	Genel iyileştirme.
	Fungal proteaz	Hamurun yumuşatılması.
	Lipoksidaz	Ekmeğin beyazlatılması.
BİRA	Bakteri kaynaklı α -amilaz	Çimlendirilmemiş arpa kullanmak ve tahıl ilavelerinin sıvılaştırılması. Arpa mayasından dekstranlar ayrılarak biranın tatlandırılması. Soğuktan kaynaklanan bulanıklığın önlenmesi. Arpa mayasının veya biranın viskozitesinin düşürülmesi.
	Bakteri kaynaklı proteaz	
	Fungal kaynaklı amiloglukosidaz	
	Papain	
	β -Glukanaz	
ŞURUP	Bakteri kaynaklı α -amilaz	Nişastanın yüksek sıcaklıkta çözündürülmesi.
	Fungal amiloglukosidaz	Nişastanın tanımlanan şuruplara dönüşümü.
	Invertaz	Sukrozun doğal şekere dönüştürülmesi.
	Glukoz izomeraz	Glukozun doğal şekere dönüştürülmesi.
PEYNİR	Rennin veya benzerleri	Sütün pıhtılaştırılması.
	Penisilinaz	Sütte bulunabilecek antibiyotiklerin uzaklaştırılması. Süte eklenen hidrojen peroksitin uzaklaştırılması.
	Nisinaz	
	Katalaz	
DONDURMA	Laktaz	Laktozun hidrolizi.
MEYVE	Pektinaz	Ürünlerde genel iyileştirme.
SEBZE	Sellülaz	Yumuşatma, tat ve kokunun iyileştirilmesi.
YUMURTA	Glukoz oksidaz	Kurutma öncesinde glukozun uzaklaştırılması.
	Lipaz	Yumurta akının köpürme özelliğinin artırılması.
ET	Papain	Yumuşatma ve olgunlaştırma.

şasta içeren maddelerin sıcak sıvılaştırılmasında kullanılmaktadır (Barefoot and Adams 1980). Glukoz üretimi için nişasta hidrolizinde ısıya dayanıklı α -amilaz kullanımı (pH 5.5-7.0, 85°C'de 2 saat) hidroklorik asit hidrolizine alternatif bir yol olarak seçilmektedir. Asit hidrolizi ters tepkimelerin oluşumuna neden olabildiğinden, oluşan glukozun % 5'i yeniden polimerleşebilmektedir. Patates ve mısır unu nişastasası ısıya dayanıklı α -amilaz tarafından bir basamakta jelatinize edilebilmekte ve sıvılaştırılabilmektedir. Patates unu nişasta bulamacının %1 α -amilaz tarafından 10 dekstroz eşitliğine sıvılaştırma zamanı 45 saniye (95°C'de) mısır nişastasası için ise 50 saniye olarak belirtilmiştir (Lee and Kim 1990).

2. Amiloglukosidaz (Glukoamilaz)

Bakteri kaynaklı α -amilaz tarafından solubilize olan nişastanın daha ileri derecede parçalanması amiloglukosidaz kullanarak gerçekleştirilmektedir. Genellikle *Aspergillus niger*'den elde edilen bu enzimin optimum reaksiyon şartları 55-60°C'de, pH 3.3-4.8'de 48-92 saat olarak belirlenmiştir. Bu yolla parçalanan nişastadan % 97 oranında glukoz elde edilirken kül ve hidroksimetilfurfurol miktarı asit hidrolizine tabi tutulan nişastaya oranla daha düşük bulunmuştur. Fungal kaynaklı amiloglukosidaz enzimi özellikle bira sanayinde kalıntı dekstrinlerin parçalanmasında, fermentasyon sonrasında biranın tatlandırılmasında ve sakkarifikasyon amaçlı damıtılmış ürünlerde kullanılmaktadır (Fleming 1968).

3. Pektinaz

Genellikle fungal kaynaklı (*Aspergillus niger*) olan pektinaz birkaç enzim aktivitesini içeren karışımlardır. Bunlar pektinlerin ana zincirlerini parçalayan poligalakturonazlar ve serbest karboksilik asit oluşturan ve ester bağı kırarak pektinesterazlardır. Bu enzimlerin uygulama alanlarının başında elma suyu gibi bulanık meyve sularının durultulması, konsantre ve pürelerde viskozitenin düşürülmesi, meyve suyu veriminin artırılması, filtrasyon işlevinin kolaylaştırılması ve meyve kabuğunun soyulması olarak sayılabilir (Hart ve ark. 1994, Sreenath ve ark. 1987). Pektin enzimi şarap üretiminde meyve suyu veriminin artırılmasında, renginin ekstraksiyonunda ve durultulmasında da kullanılmaktadır (Lao ve ark. 1996).

4. Sellülaz

Sellülazın en önemli mikrobiyal kaynakları *Trichoderma viride* ve *Aspergillus niger*'dir. Sellüloz içeren artıklardan glukoz üretimi, sarımsağın işlenmesi ve mantarın yumuşatılması bu enzimin bazı uygulama alanlarıdır (Sreekantiah ve ark. 1971, Sreenath ve ark. 1984).

5. Hemisellülaz

Sellülaz preparatları hemisellülaz enzimi de içerir. Hemisellülaz buğday ununda mevcut pentozanları parçalayarak özellikle bayatlamayı engellediğinden ekmek kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır (Vorgen ve ark. 1980).

6. İnvvertaz

İnvvertaz sukrozu glukoz ve fruktoza hidrolize ederek, reçel yapımı için gerekli doğal şekerin oluşumunu sağlar. Sukroza oranla daha düşük oranda kristalize olan doğal şekerler yüksek konsantrasyonlarda kristallenmeyi engellerler.

7. Laktaz (β -galaktosidaz)

Küf, maya ve bakteriler tarafından üretilen bu enzim laktozu glukoz ve galaktoza hidrolize ederek sütün tatlanmasını sağlar. Aynı zamanda laktozun bu şekilde dönüşümü laktozu tolere edemeyen kişilerin sağlığı açısından önem taşır (Ray 1996, Adams and Moss 1995). Laktaz enziminin bir diğer önemli rolü de dondurmada oluşabilecek laktoz kristallenmesini laktozu parçalayarak engellemesidir. Bir araştırmada peynir altı suyunda mevcut laktoz hidrolize edilerek sukroz yerine alternatif bir tatlandırıcı olarak ekmek formülasyonunda kullanılmış ve hamura % 75 oranında hidrolize edilmiş peynir altı suyu katılarak üretilen ekmeğin normal ekmekten daha iyi kalite parametrelerine sahip olduğu belirtilmiştir (Ogunrinola ve ark.1988).

8. Proteaz

Papain ve diğer bitkisel kaynaklı proteazların (bromelain ve fisin) etin yumuşatılması, biranın soğukta bulanmasının önlenmesi ve protein hidrolizatlarının üretilmesi gibi uygulama alanları vardır. Fungal kaynaklı proteazlar özellikle unlu mamul sanayiinde buğday glutenini modifiye etmek için kullanılırken, nadiren etin yumuşatılmasında ve protein hidrolizatlarının eldesinde kullanılmaktadır. Tripsin genellikle protein hidrolizatlarının üretiminde kullanılırken, rennin ve değişik kaynaklı pepsin peynir yapımında kazeinin çöktürülmesinde kullanılır. *Aspergillus niger* kaynaklı bir diğer proteaz enzimi kivi suyunun berraklaştırılmasında kullanılmaktadır. Enzimatik yolla kivi suyunun durultulması berraklık ve kalite yönünden bentonit kullanarak durultmadan daha iyi sonuç vermiştir (Dawes ve ark. 1994).

Bakteri kaynaklı proteazlar gıda proseslerinde çok yaygın bir kullanım alanına sahip olmamakla birlikte sucuk, sosis ve peynir gibi ürünlerin olgunlaştırılmasında kullanılmaktadır (Hagen ve ark. 1996, Trepanier 1992). Bu tür enzimler, nadiren birada, protein hidrolizatlarının oluşumunda ve yem üretiminde kullanılmaktadır. Bakteri kaynaklı proteazlar geniş çapta gıda içermeyen proseslerde, mesela tekstil sanayiinde haşılama da, fotoğraf ile ilgili filmlerin eldesinde kullanılmaktadır.

Herhangi bir proteaz gıda sanayiinde kullanılmak üzere seçilirken enzimin etkinliğinin göz önünde bulundurulması gerekir. Ancak bunun yanında optimum pH, ısıya dirençlilik, etkinleştirici veya inhibe edici maddelerin varlığı, fiyatı ve mevcudiyeti enzim seçimini etkileyen diğer faktörlerdir (Lee ve ark. 1986).

9. Papain

Bitkisel kaynaklı bir proteaz olan papain olgunlaşmamış papaya meyvesinden (*Carica papaya*) izole edilmektedir. Papain etin yumuşatılması, birada bulanıklığın önlenmesi gibi uygulama alanlarına sahiptir. Papainin çiğ ette etkinliği az olmasına rağmen ön pişirmeye tabi tutulan ette kollajen, elastin ve bazı kas lifleri üzerine etki eder. Papain ısıya oldukça dayanıklı olup, pişirme sürecinde etkisini kaybetmemektedir. Bira sanayiinde fungal veya bakteri kaynaklı proteazlarla birlikte biranın bulanıklığını önlemek amacı ile kullanılmaktadır (Peterson 1977).

10. Tripsin ve saymotripsin

Siğir pankreasından elde edilen bu enzimler sindirim, incinme ve kırık tedavileri gibi birçok amaçlar için kullanılmaktadır. Saymotripsin aynı zamanda katarakt tedavisinde ameliyata alternatif bir tedavi yöntemi olarak da uygulanmaktadır .

11. Pepsin

Siğir mide mukozasından izole edilen bu enzim yine sindirim amaçlı ve aynı zamanda tahılların parçalanmasında (amilaz+pepsin) ve bebek gıdalarında (tripsin+pepsin) kullanılmaktadır. Ayrıca pepsin biranın bulanıklığını önlemede ve renninle birlikte peynir yapımında uygulanmaktadır (Gordin and Rosenthal 1978).

12. Rennin

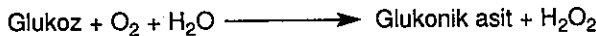
Ham rennin (rennet) sütü pıhtılaştırma özelliğine sahip olup, peynir üretimi en önemli uygulama alanıdır. Renninin etkisi sonucunda K-kazein parakazeine dönüşür. Daha sonra kalsiyum iyonlarının varlığında parakazein çökler. Rennet buzağuların dördüncül midesinden izole edildiğinden sınırlı bir kaynağı vardır. Mikrobiyal kaynak başta olmak üzere rennin yerine kullanılacak enzim kaynakları araştırılmakta ancak buzağulardan elde edilen renninle aynı özelliklere sahip enzim türü bulunamamaktadır. Gerçektende rennini spesifik kılan özellikler sayısız olup en önemlileri; suda kolay çözünmesi, istenen renk ve kokusu, zehirli olmaması, peynirin olgunlaşmasını sağlayan bakterilere karşı antimikrobiyal etki göstermemesi, çok yüksek proteolitik aktiviteye sahip olmaması nedeni ile olgunlaşma sırasında istenmeyen acı tat oluşturmamasıdır (Law and Wigmore 1982, Ohmiya ve ark. 1987).

13. Lipaz

Farklı kaynaklardan elde edilebilen bu enzimler işlenmiş peynir ve çikolatada istenen tat ve koku oluşumunda ve peynirlerin hızlı olgunlaştırılmasında kullanılmaktadır. Lipazlar yumurta akında monogliserid ve digliserid oluşumunu sağlayarak köpürme özelliğini artırır (Welsh ve ark. 1990).

14. Glukoz oksidaz/Katalaz

Fungal kaynaklı glukoz oksidaz oksijen ve su varlığında glukozu glukonik asit ve hidrojen peroksit oksitler.



Daha sonra H_2O_2 katalaz enzimi tarafından suya ve oksijene hidroliz edilir.



Glukoz oksidaz ve katalaz enzimi gıda sanayiinde gerek glukozun gerekse oksijenin ortamdaki uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Oksijenin uzaklaştırıldığı gıdalar arasında bira, meyve suları, şarap, kurutulmuş gıdalar, kutulanmış süt tozları ve mayonez sayılabilir (Dondero ve ark. 1993). Bu gıdalarda oksijenin uzaklaştırılması tat, koku ve renkte oksidasyona bağlı kayıpları önleyerek ürünün dayanıklılığını artırır. Ayrıca glukoz oksidaz ile oksijen varlığında glukoz gıdalardan uzaklaştırılabilir. Bu anlamda önem taşıyan gıdaların içinde yumurta tozu

üretimi gelmektedir. Kurutma öncesi glukozun yumurtadan, yumurta sarısından veya akından uzaklaştırılması gerekmektedir. Aksi halde mevcut amino asitler ve glukoz kahverengileşme reaksiyonlarına neden olduğundan, yumurta gerek tat ve koku gerekse köpürme özelliğini kaybeder ve raf ömrü kısalmır. Glukoz oksidaz enziminin bir diğer kullanım alanı da kalori değeri düşük, tatlandırıcı olarak kullanılan glukonik asit üretimidir.

15. Lipoksidaz

Çoğunlukla buğday özünde bulunan bu enzim buğdayın öğütülmesi sırasında undan ayrılır. Soya ununa katılan lipoksidaz ekmek yapımında beyazlatıcı ajan olarak etki yapar. Bu enzimin fonksiyonu oksijen ve linoleik asit varlığında karoten pigmentinin etkisini yok etmesidir (Sheu and Chen 1991). Ayrıca glutendeki tiol bileşenlerinin oksidasyonuna neden olan bu enzim ekmek kalitesini olumlu yönde etkiler.

16. Glukoz izomeraz

Bakteri veya fungal kaynaklı bu enzim glukozun fruktoza dönüşümünü sağlayarak glukozdan doğal şekerlerin üretilmesine olanak sağlar. Glukoza oranla daha tatlı olan fruktoz sukroza alternatif tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır.

SONUÇ

Esas yapısı protein olan enzimler, diğer protein grupları gibi amino asit zincirlerinden oluşmakta ve tüm canlı hücrelerde bulunmaktadır. Bu nedenle değişik kaynaklardan elde edilebilen enzimler unlu mamullerin imalatında, alkol üretiminde, meyve suyu, şarap, süt ürünleri ve nişasta gibi gıda sektöründe yıllardır kullanılmaktadır. Enzimlerin gıda sanayiinde proseslerin yardımcı maddesi olarak kullanılmaları gün geçtikçe yaygınlaşmakta ve gıda sektörünün hemen hemen her kolunda uygulama alanı bulmaktadır. Bütün bu uygulama alanlarında önemli olan enzim için uygun pH ve sıcaklık ortamının sağlanması ve yeterli miktarda enzim kullanılmasıdır.

KAYNAKLAR

- Adams, M.R., Moss, M.O. 1995. Food Microbiology. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp. 252-302.
- Barefoot, S.F., Adams, D.M. 1980. Amylase activity in sterile spoiled pudding. J. Food. Sci. 45, 1658-1662.
- Dawes, H., Struebi, P., Keene, J. 1994. Kiwifruit juice clarification using a fungal proteolytic enzyme. J. Food Sci., 59 (4), 858-861.
- Dondero, M., Egana, W., Tarky, W., Cifuentes, A. Torres, J.A. 1993. Glucose oxidase/catalase improves preservation of shrimp (*Heterocarpus reeddi*). J. Food Sci., 58 (4), 774-779.
- Erkmen, O. 2000. Kaliteli ve güvenli gıda üretimi için ışınlama yöntemi. Gıda, 2000, 02, 58-61.
- Fadiloğlu, S., Erkmen, O. 1999. Lipase production by *Rhizopus oryzae* growing on different carbon and nitrogen sources. J. Sci. Food Agric., 79, 1936-1938.
- Fleming, I.D. 1968. Amyloglucosidase: a-1,4-glucanglycohydrolase (E.C.3.2.1.3). In Starch and its derivatives. 4th ed. Eds. J.A. Radley, Chapman and Hall, London.
- Gordin, S. Rosenthal, I. 1978. Efficiency of chicken pepsin as a milk clotting enzyme. J. Food Protec., 41(9), 684-688.
- Hagen, B.F., Berdague, J-L., Holck, A.L., Naes, H., Blom, H. 1996. Bacterial proteinase reduces maturation time of dry fermented sausages. J. Food Sci., 61 (5), 1024-1029.
- Hart, M., Keng, C., Hanni, P., Huxsoll, C. 1994. Effect of enzymes on microfiltration of apricot puree. J. Food Process Eng., 17, 19-32.
- Huang, A.H.C. 1984. Plant lipases, in Lipases, Eds. B. Borgstrom, H.L. Brockman, Elsevier Publ. Co., New York.
- Knorr, D. 1987. Food Biotechnology, Eds. S.R.Tannenbaum, P. Walstra, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Krishnarau, L., Hoseney, R.C. 1994. Enzymes increase loaf volume of bread supplemented with starch tailings and insoluble pentosans. J. Food Sci. 59 (6), 1251-1254.
- Lang, K.W., Steinberg, M.P. 1980. Calculation and moisture content of a formulated food system to any given water activity. J. Food Sci. 45, 1228-1230.
- Lao, C., Tamames, E.L., Buxaderas, S., Boronat, M.C., De-La T. 1996. Grape pectic enzyme treatment effect on white musts and wines composition. J. Food Sci., 61 (3), 553-556.
- Law, B.A., Wigmore, A.S. 1982. Accelerated cheese ripening with food grade proteinases. J. Dairy Res., 49, 137-139.
- Lee, Y.B., Sehnert, D.J., Ashmore, C.R. 1986. Tenderization of meat with ginger Rhizome protease. J. Food Sci., 51 (6), 1558-1559.

- Lee, Y.C., Kim, K.T. 1990. Gelatinization and liquefaction of starch with a heat stable α -amylase. *J. Food Sci.*, 55(5), 1365-1366.
- Ogunrinola, O.A., Jeon, I.J., Ponte JR., J.G. 1988. Functional properties of hydrolyzed whey permeate syrups in bread formulations. *J. Food Sci.*, 53 (1), 215-217.
- Ohmiya, K., Fukami, K., Shimizu, S., Kunihiro, G. 1987. Milk curdling by rennet under high pressure. *J. Food Sci.*, 52 (1), 84-87.
- Peterson, D.W. 1977. Effect of polyphosphates on tenderness of hot cut chicken breast meat. *J. Food Sci.*, 42, 100-101.
- Ray, B. 1996. *Fundamental Food Microbiology*. CRC press, Inc., New York, pp. 169-180.
- Reed, G. 1966. *Enzymes in food processing*. Eds. M.L. Anson, C.O. Chichester, E. M. Mrak, G.F. Stewart, Academic Press, New York.
- Reed, G., Thorn, J.A. 1971. *Enzymes, in Wheat: Chemistry and Technology*. Eds. Y. Pomeranz, American Association of Cereal Chemists, Minnesota.
- Seyderhelm, I., Boguslawski, S., Michaelis, G., Knorr, D. 1996. Pressure induced inactivation of selected food enzymes. *J. Food Sci.*, 61 (2), 308-310.
- Sheu, S.C., Chen, A.O. 1991. Lipoxigenase as blanching index for frozen vegetable soybeans, *J. Food Sci.*, 56 (2), 448-451.
- Sreekantiah, K.R., Jaleel, S.A., Ramachandra, T.N. Rao, 1971. Utilization of fungal enzymes in the liquefaction of soft fruits and extraction and clarification of fruit juices. *J. Food Sci. Technol.*, 8, 201-203.
- Sreenath, A.M., Nanjundaswamy, A.M., Sreekantiah, K.R. 1987. Effect of various cellulases and pectinases on viscosity reduction of mango pulp. *J. Food Sci.*, 52, 230-231.
- Sreenath, H.K., Frey, M.D., Scherz, H., Radola, B.J. 1984. Degredation of a washed carrot preparation by cellulases and pectinases. *Biotechnol. Bioeng.*, 26, 788-791.
- Trepanier, G., EL Abboudi, M., Lee, B.H., Simard, R.E. 1992. Accelerated maturation of cheddar cheese: Influence of added lactobacilli and commercial protease on composition and texture. *J. Food Sci.*, 57 (4), 898-902.
- Voragen, F.G.J., Krist, R., Heutink, R., Pijnik, W. 1980. Apple cell wall digestion by polysaccharide degrading enzymes. In *Food Process Engineering*. Eds. P.Linko and J. Larinkari, Applied Science Publishers, London.
- Welsh, F.W., Ross, E.W., Kathryn, H.D. 1990. Lipase mediated synthesis of low molecular weight flavor esters. *J. Food Sci.*, 55 (6), 1679-1682.
- Zaks, A., Klibanov, AM. 1988. The effect of water on enzyme action in organic media. *J. Biol. Chem.*, 263, 8017-8021.