

ENZİMLERİN AKTİVASYON VE REJENERASYONUNUN GIDALARIN KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

THE EFFECTS OF ENZYME ACTIVATION AND REGENERATION ON FOOD QUALITY

Ahmet YEMENİCİOĞLU, Bekir CEMEROĞLU

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, ANKARA

ÖZET: Enzimlerin aktivasyon ve rejenerasyonu yapılarından kaynaklanan temel özelliklerinden olup, gıdaların işleme ve depolanmalarında olumsuz değişimlere neden olabilmektedirler. Sözkonusu iki olayın neden olduğu bazı kalite kayıplarının önlenmesi için bu olayların mekanizmalarının daha iyi anlaşılması ve gıdaların işleme koşullarının buna göre optimize edilmesi gerekmektedir.

Bu makalede, enzimlerin aktivasyon ve rejenerasyonunun gıdalarda neden olduğu arzulanan kompleks reaksiyonlar üzerinde durulmuş ve her iki olayın mekanizması açıklanmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Enzim, aktivasyon, rejenerasyon, kalite kaybı

ABSTRACT: Activation and regeneration are intrinsic characteristics of enzymes, which may impare the quality of foods during processing and storage. The problems associated with these two phenomenons may be eliminated by the better understanding of their mechanisms and optimization of the processing conditions.

In this article the intricate quality deteriorating reactions and mechanisms of activation and regeneration were discussed.

Key words : Enzyme, activation, regeneration, quality loss

GİRİŞ

Bilindiği gibi enzimler protein yapısındaki bileşikler olup başlıca görevleri biyolojik reaksiyonları katalize etmektir. Eğer enzimler olmasaydı birçok reaksiyonun yürümesi mümkün olamazdı ve bu da hiç kuşkusuz hayatın sona ermesi anlamına gelirdi. Dolayısıyla enzimler canlılar açısından hayati bir öneme sahiptirler. Ancak diğer yandan aynı enzimler ölmüş, ölüm sürecine girmiş veya doğal dengesi bozulmuş canlılarda olumsuz yönde faaliyette bulunabilmektedirler. Lipaz ve proteaz enzimlerinin ölmüş hayvansal dokularda, bazı pektolitik enzimlerle selülaz ve hemiselülaz enzimlerinin ise ölmüş bitkisel dokularda neden oldukları yıkıcı faaliyetler buna örnek olarak verilebilir.

Bitkisel dokularda enzimler çeşitli özel organellerde sentezlenmekte ve bunu takiben dokudaki doğal işlevlerine kavuşmaktadırlar. Bazı durumlarda ise enzimler aktivite kazanmamış latent formlar halinde sentezlenmekte ve dokuda belirli noktalarda depolanmaktadırlar (MATHEWS ve VAN HOLDE, 1996). Bu enzimler ihtiyaç halinde bazı özel etkilerle örneğin proteaz enzimlerince uygun modifikasyona uğratılmakta ve aktif hale geçerek dokudaki işlevlerine kavuşmaktadırlar (MAYER, 1987). Bitkisel dokulardaki enzimlerin çözünürlükleri de oldukça değişkendir. Örneğin bazı enzimler hücre özsuyunda çözünür halde bulunurlarken bazıları da hücrede farklı bölgelerde zayıf iyonik veya güçlü kovalent bağlarla bağlı halde bulunmaktadırlar (HAARD ve TIMBIE, 1973).

Enzimler genellikle etki ettikleri substratlarla birarada bulunmayıp ayrı ayrı bölgelerde yoğunlaşmışlardır. Örneğin polifenol oksidaz enzimleri stoplazmada ve bunların substratı olan fenolik bileşikler vakuoller içerisinde bulunmaktadırlar (COULTATE, 1989). Dolayısıyla dokularda enzim ve substratlarının biraraya gelişini kontrollu bir şekilde meydana getirmektedir. Ancak gıdaların işlenmesi sırasında uygulanan parçalama, kabuk

soyma, dilimleme, dondurma-çözme gibi işlemler sırasında bitkisel doku zarar görmekte ve enzimler substratlarıyla serbest ve kontrolsüz bir şekilde biraraya gelmektedirler. Ayrıca özellikle parçalanmış dokuların hava ile temas etmesi oksidoredüktaz grubu enzimlerin üründe arzulanmayan yoğun bir faaliyette bulunmasına neden olmaktadır. İşte bu nedenlerle gıdaların işlenmesinde, belirli bir aşamada mutlaka enzim inaktivasyonu sağlayan bir işlem uygulanması zorunludur.

Enzim inaktivasyonunda ençok başvurulan yöntem hiçkuşkusuz ısıtma işlemidir. Ancak bu işlemin büyük bir dikkat ve hassasiyetle kontrollü bir şekilde uygulanması gerekmektedir (CEMEROĞLU ve ACAR, 1986). Öyle ki aşırı uygulanmış bir ısıtma üründe arzulanmayan tad, renk ve tekstürel değişimler yanında gereksiz enerji sarfiyatına da neden olmaktadır. Buna karşın yetersiz bir ısıtma enzimleri inaktive etmek yerine çoğu zaman aktive etmekte ve bu durum kalite açısından büyük olumsuzluklara neden olmaktadır. Örneğin yetersiz haşlanmış bazı sebzeler liflenip sertleşmekte ve bir daha yumuşamamaktadırlar (CEMEROĞLU ve ACAR, 1986). Aynı şekilde yetersiz ısıtılmış bazı meyve pulplarında yoğun bir esmerleşme görülmekte ve ürün adeta tüketilemez bir hal almaktadır. Bu olaylardan ilki pektin metilesteraz (QUINTERO-RAMOS ve ark., 1992), ikincisi ise polifenol oksidaz (UNDERHILL ve CRITCHLEY, 1993a; YEMENİCİOĞLU ve ark., 1997) enzimlerinin aktivasyonuna bağlanmaktadır.

Diğer yandan ısıtma ile inaktive olmuş veya böyle olduğu sanılan bazı enzimler sonradan rejenere (renatüre) olarak aktivitesinin birkismini geri kazanabilmektedir. Bu durum özellikle dondurularak depolanan ürünlerde önemli olumsuzluklara yol açabilmektedir (HEMEDA ve KLEIN, 1991).

İşte gerek aktivasyon gerekse rejenerasyon olaylarının önlenmesi veya enazından gıdaya zarar vermeyecek şekilde kontrol altında tutulabilmesi ancak gıdaların işlenmesi sırasında bilinçli önlemler alınmasıyla sağlanabilmektedir. Aşağıda sözkonusu iki olay üzerinde ayrı ayrı durulmuş ve neden olabilecekleri olumsuzluklara karşı alınabilecek bazı önlemler açıklanmıştır.

AKTİVASYON

Bilindiği gibi aktivasyon normalde inaktif halde bulunan latent enzimlerin bazı fiziksel ve kimyasal etki-lerle sınırlı bir konformasyon değişimine uğraması ve bunun sonucunda aktif hale geçmesidir (ANGLETON ve FLURKEY, 1984; MOORE ve FLURKEY, 1990).

Her enzimin latent formunu aktif hale geçiren etkenler farklı olabilmektedir (Çizelge 1). Örneğin polifenol oksidazların (PPO) latent formları bazı kimyasallar (CHAZARRA ve ark., 1996) yanında ısıtma ve yüksek basınç etkisiyle de kolayca aktif hale geçebilmektedirler (YEMENİCİOĞLU ve ark., 1997; UNDERHILL ve CRITCHLEY, 1993a; ASAKA ve HAYASHI, 1991). Bunun sonucunda gıdadaki enzim aktivitesi büyük bir artış göstermekte ve uygulanan işlemin bitkisel dokuda yarattığı tahribata bağlı olarak hem substratları hem de hava ile biraraya gelen enzim, üründe kısa sürede aşırı bir esmerleşmeye neden olmaktadır. Nitekim KIM ve ark. (1993) karantina uygulamasına tabi tutulan elmalarda, UNDERHILL ve CRITCHLEY (1993a) ise yine aynı uygulamaya tabi tutulmuş Lychee meyvelerinde ısıtmayı takiben PPO enziminin aktivasyonu sonucunda arzulanmayan renk değişimleri meydana geldiğini bildirmektedirler. Bu gibi durumlarda alınabilecek önlemler çok sınırlıdır. Bu nedenle bugün için sadece uygun çeşitlerin işlenmesi önerilebilir. Nitekim YEMENİCİOĞLU ve ark. (1997) farklı elma çeşitlerinde PPO enziminin aktive olma yeteneğinin büyük değişim gösterebileceğini bildirmektedirler. Sözkonusu araştırmacılar Gloster çeşidi elmalardan ekstrakte edilmiş PPO enziminin ısı etkisiyle başlangıçtaki aktivitesinin üç misline varan düzeyde aktive olabileceğini, buna karşın Golden Delicious PPO enziminin aktivasyonunun oldukça sınırlı olduğunu bildirmektedirler. Bu bulgu Golden Delicious elmalarının ısıtma sonrasında esmerleşme göstermeyen birkaç elma çeşidinden biri olmasının nedenini açıkça ortaya koymaktadır (KIM ve ark. 1993). Buna göre ısıtma sırasında veya sonrasında ürünlerde PPO aktivasyonu ile ortaya çıkan esmerleşmenin uygun çeşitlerin işlenmesiyle aşılabileceği anlaşılmaktadır.

Bu arada özellikle belirtilmesi gereken önemli bir nokta ise; aktivasyon olayının her sıcaklıkta değil ancak belirli sıcaklıklarda ortaya çıktığıdır. Nitekim YEMENİCİOĞLU ve ark. (1997) elma PPO enziminde görülen aktivasyonun özellikle ılımlı bir sıcaklık derecesi olan 68°C de ortaya çıktığını bildirmektedirler (Şekil 1). Aynı şekilde LEE ve ark. (1991) kakao PPO enziminde aktivasyonun ılımlı sıcaklık dereceleri olan 45° ve

60°C'lerde görüldüğünü belirlemişlerdir. Yine UNDERHILL ve CRITCHLEY (1993a) Lycheelerde esmerleşmenin özellikle 60°C'deki ılımlı ısıtma işlemleri sırasında ortaya çıktığını bildirmektedirler. Buna göre aktivasyonun önlenmesi için ısıtmada aktivasyonun olmadığı sıcaklıklar seçilmelidir. Bunun yapılabilmesi ise hiçkuşkusuz, üründe bulunan PPO enziminin termal niteliklerinin önceden belirlenmesiyle mümkündür.

Çizelge 1. Bazı enzimlerin aktivasyonunu sağlayan etkenler

Enzim	Aktivasyonu sağlayan etkenler	Kaynak
Polifenol oksidaz	-Kimyasal etkenler (Sodyum dodesil sülfat, Üre, Poliaminler), asit ve baz şoku, proteazlar	Chazarra ve ark. (1996)
	-Bitkilerde stres koşulları	Mayer (1987)
	-Isıtma	Yemenicioğlu ve ark. (1997), Underhill ve Critchley (1993a)
	-Yüksek basınç uygulaması	Asaka ve Hayashi (1991)
	-Etilen	Underhill ve Critchley (1993b)
Peroksidaz	-Isıtma	Yemenicioğlu ve ark. (1998), Vamos-Vigyazo (1981)
	-Donma-Çözünme	Cano ve ark. (1995)
	-Etilen	Ke ve Saltveit (1988)
	-Ürünün soğuk zararlanmasına uğraması veya Klimakterik davranışa girmesi	Haard ve Timbie (1973)
ACC Oksidaz	-Isıtma	Chan ve ark. (1996)
Pektin metilesteraz	-Bazı kimyasallar (NaCl, CaCl ₂ , MgCl ₂ , FeCl ₃ , PbOAc)	Leiting ve Wicker (1997)
	-Soğuk zararlanması	Marangoni ve ark.(1995)
	-Isıtma	Alonso ve ark.(1997)
Lipaz	-Sütte homojenizasyon ve soğutma veya bazı aktivatör proteinlerin etkisi	Adams (1991)
Trypsinogen	-Enteropeptidaz	Caldwell (1992)
Proelastase, Procarboxypeptidase, Chymotrypsinogen	-Trypsin	Mathews ve Van Holde (1996)

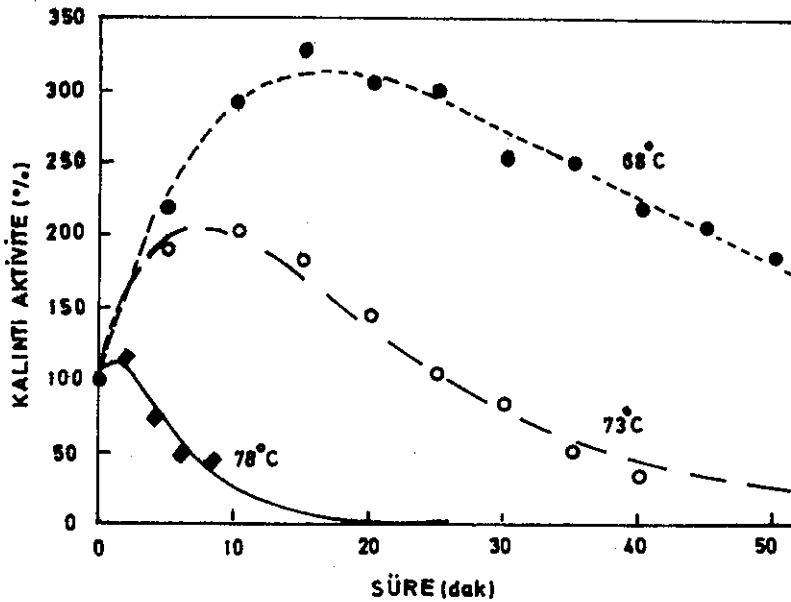
Çizelge 1'de bazı enzimlerin aktivasyonunu sağlayan etkenler verilmiştir. Görüldüğü gibi örneğin, PPO aktivasyonu yalnızca ısıtma sırasında görülen bir olay değildir. Nitekim yeni bir yöntem olan bazı gıdaların yüksek basınçla dayanıklı hale getirilmesi sırasında aktivasyon nedeniyle artan PPO aktivitesi sonucunda yoğun bir esmerleşme görüldüğü belirtilmektedir (ASAKA ve HAYASHI, 1991). Ayrıca PPO enziminin yüksek basınç uygulamasına karşı dirençli olduğu da bildirilmektedir. Nitekim mantar PPO enziminin oda sıcaklığında 6 kbar basınç altında hiçbir inaktivasyona uğramadığı belirtilmektedir (WEEMAES ve ark., 1997). Buna göre yüksek basınç uygulamasıyla muhafazada basınç uygulamadan önce PPO enziminin ısıtma veya birtakım inhibitörlerle inaktive veya inhibe edilmesi gerektiği açıktır.

PPO enzimlerinin aktivasyonuna neden olabilecek bir diğer etki de, asit ve baz şokudur (CHAZARRA ve ark., 1996). Bu nedenle özellikle alkali ile kabuk soyma işlemi sırasında ürünlerin bu tür bir olayla karşılaşabileceği unutulmamalıdır. Böyle bir olumsuzluğun önlemi olarak, kabuk soyma işleminin enzimlerin inaktivasyonunu sağlayabilecek bir sıcaklıkta gerçekleştirilmesi düşünülebilir.

Tüm yukarıda sayılan etkenler yanında bitkilerde stres koşullarının da aktivasyona neden olabileceği unutulmamalıdır. Örneğin bazı bitkilerde tuz ve su stresinin, bazılarında ise hasattan sonraki depolama sırasında yetersiz ventilasyon nedeniyle oluşan stresin PPO aktivitesini artırdığı bildirilmektedir (MAYER, 1987). Bu durum hiçkuşkusuz ortamda biriken bazı solunum metabolitlerinin etkisiyle oluşmaktadır. Nitekim örneğin etilen gazının bazı durumlarda PPO enziminin aktivasyonuna neden olabileceği belirtilmektedir (UNDERHILL ve CRITCHLEY, 1993 b).

PPO yanında aktivasyon yeteneğinde olan daha birçok enzim vardır. Bunlardan peroksidazlar (POD) hiçkuşkusuz ayrı bir öneme sahiptirler. Bu enzimler de aynen PPO enzimlerinde olduğu gibi ısıtma ile aktive olabildikleri gibi, ürünlerin depolanması sırasında soğuk zararlanmasına uğraması ve dondurup çözme gibi olaylarla da aktive olabilmektedirler.

POD enzimini aktive eden bir başka etken ise etilen gazıdır. Nitekim KE ve SALTVEIT (1988) etilen gazıyla muamele edilmiş baş salatalarda (iceberg lettuce) POD aktivitesinin beş kattan fazla bir artış gösterdiğini bildirmektedirler. Yine aynı araştırmacılar etilen gazının bu ürünün dokusundaki PPO enzim aktivitesini değiştirmedeğini, ancak buna karşın bu enzimin en iyi substratları olan kateşin, epikateşin ve klorojenik asit türevleri gibi flavonoidlerin dokuda birikmesine neden olduğunu ve bunun sonucunda üründe koyu esmer lekeler meydana geldiğini bildirmektedirler.



Şekil 1. Elma polifenol oksidaz enziminin ısıtma sırasındaki aktivasyonu (YEMENİCİOĞLU ve ark. 1997).

Enzimlerin aktivasyonu çoğu zaman olumuz bir değişim olarak görülse de örneğin parmak patates (French-fries) üretiminde olduğu gibi bazı durumlarda uygulanan düşük sıcaklıkta haşlama işlemiyle (Low temperature blanching) pektin metilesteraz enziminin aktivasyonu amaç edinilmektedir. Bu şekilde enzimin faaliyeti sonucunda üründe bulunan pektik maddelerin esterleşme derecesi belli oranda düşmekte ve düşük esterleşme derecesindeki pektinle ortamda doğal olarak bulunan çift değerlikli Ca^{++} ve Mg^{++} iyonları arasında sıkı bir kompleks oluşmaktadır (STANLEY ve ark., 1995; KUKURA ve ark., 1998). Ayrıca bazı durumlarda etkileşimin artırılması için ortama $CaCl_2$ de ilave edilmektedir. Bu şekilde Ca^{++} iyonlarının ısı etkisiyle selektif geçirgenliği bozulmuş olan hücre membranından geçerek, oluşmuş olan ağ yapıyı daha da güçlendirmesi sağlanmaktadır (ALONSO ve ark., 1995). "Egg Box" adı verilen bu şekilde bir ağ yapının oluşumu bizzat tekstürü geliştirmesi yanında, pektini parçalayan diğer enzimlerin saldırısına karşı dokuya büyük bir direnç de kazandırmaktadır (HUDSON ve BUESCHER, 1986). Aynı şekilde doku bütünlüğünün sağlanmasıyla PPO enzimlerinin substratları olan fenolik bileşiklerle temas etmesi de sınırlandırılmakta ve enzimatik esmerleşme kontrol altına alınmaktadır (SAPERS ve MILLER, 1998; KUKURA ve ark., 1998).

REJENERASYON

Rejenerasyon olayı bir enzimin ısı uygulamasından sona konformasyonunda meydana gelen yeniden yapılanmaya bağlı olarak birkısım aktivitesini geri kazanmasıdır. Bu olay bazı bilim adamları tarafından renaturasyon olarak da isimlendirilmektedir.

Özellikle enzimler arasında peroksidazın ısıtmayı takiben rejenera olma niteliği bu enzim için adeta karakteristik bir davranıştır. İşte bundan dolayı peroksidaz enziminin rejenerasyon mekanizması ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu olayın gerçekleşebilmesi için gerekli koşullar belirlenmiştir (Çizelge 2). Buna göre rejenerasyon hızı üründen ürüne değiştiği gibi bazı ürünlerde rejenerasyon görülmeyebilmektedir. Örneğin kayısı peroksidaz enziminin rejenera olma yeteneği belirlenememişken havuç peroksidazının aşırı bir rejenerasyon gösterdiği saptanmıştır (GIBRIEL ve ark., 1978).

Ürün	Rejenerasyon sıcaklığı (°C)	A	a	B	b	Kaynak
Barbunya	30	-	-	5-10 (10-25)	2.5-3h	Yemenicioğlu ve ark.(1998)
	1	-	-	2-10 (10-18)	3-3.5h	
Mısır	25	2-3.5	24h	4-20 (3-8)	3-4h	Naveh ve ark. (1982)
	4	1-3	24h	2-15 (3-8)	3-4h	
Bezelye	25	10-20	2-4h	20-30 (17-27)	2-4h	Halpin ve ark. (1989) Pinsent 1962
	-18	4	4ay	-	-	
T. fasulye	24	1-5	72h	-	-	Resende ve ark. (1969)
Kuşkonmaz	25	-	-	5-20 (18-38)	50dak	Powers ve ark. (1984)
Turp	21	17-27	24h	-	-	Wang ve Dimarco (1972)
	1.5	10-12	24h	-	-	
	25	0	-	10-40 (12-23)	8h	Rodrigo ve ark.(1997)
	4	0	-	7-17 (18-30)	7h	
Havuç	-5	-	-	65-115 (15-35)	2-4h	Gibriel ve ark. (1978)
	4	-	-	30-70 (15-35)	2-4h	
	18	-	-	30-75 (15-35)	1-2h	
Ispanak	-5	-	-	20-25 (35)	0.5h	Gibriel ve ark. (1978)
	4	-	-	15-20 (35)	0.5h	
	18	-	-	20-25 (35)	0.5h	

Çizelge 2. Farklı ürünlerden ekstrakte edilmiş peroksidazların rejenerasyon yetenekleri

- Not 1. A: Enzim tamamen inaktive edildikten sonra gerçekleşen yüzde rejenerasyon, B; Enzim belli oranda inaktive edildikten sonra gerçekleşen yüzde rejenerasyon, a, b; Rejenerasyon için geçmesi gereken yaklaşık süre.
2. Bu tablodaki değerler belirtilmiş kaynaklardaki grafiklerden ya tarafımızdan hesaplanmış veya varsa kaynaklardaki tablolardan doğrudan alınmıştır.
3. Parantez içindeki değerler ısıtma sonrasında ortamdaki yüzde kalıntı aktivite miktarını göstermektedir.

Rejenere olan enzim miktarı ve rejenerasyon hızı, ısıtma sonrasında ortamdaki kalıntı peroksidaz aktivitesinin miktarına sıkı sıkıya bağlıdır. Öyle ki ortamdaki kalıntı aktivite miktarı arttıkça rejenerasyon hızı ve rejenere olan enzim miktarı da artmaktadır (YEMENCİOĞLU ve ark., 1998). Buna karşın ortamda hiç peroksidaz aktivitesi kalmayana kadar haşlama yapılırca çok az, gereğinden fazla haşlama yapılırca da hemen hiç rejenerasyon görülmemektedir (PINSENT, 1962). Örneğin tüm halde konserveye işlenmiş tatlı mısırlarda üründe mevcut tüm peroksidaz aktivitesinin 300°F sıcaklıkta inaktive edilebilmesi için 30 saniye gerektiği halde, ısıtmadan sonra üründeki peroksidazın rejenerasyonunun önlenmesi için aynı sıcaklıkta 130 saniyelik bir ısıtma uygulanması gerekmektedir (VETTER ve ark. 1958). Ancak şüphesiz ki, uygulamada ürünlere aşırı bir ısıtma uygulanması hiçbir zaman arzulanmamaktadır. Bu nedenle özellikle dondurulmuş ürünlerde genellikle belli düzeyde bir kalıntı peroksidaz aktivitesi bulunmaktadır. Ancak kalıntı aktivite her zaman sadece rejenerasyonla oluşmuş enzimlerden ibaret değildir. Nitekim ısıtma sırasında inaktive edilememiş ısıya aşırı direnç gösteren izoenzimler de kalıntı aktivitenin bir kısmını oluşturmaktadır.

Diğer yandan ısıtma sonrasında POD enziminin rejenerasyon hızının düşük sıcaklıklarda yavaşladığı, ancak buna karşın yüksek sıcaklıklarda süratli bir rejenerasyon gerçekleştiği de belirlenmiştir (RODRIGO ve ark., 1997, WANG ve DIMARCO, 1972). Buna göre ısıtmadan sonra ürünlerin süratle soğutulmasının önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Bu şekilde ısıtmadan sonra örneğin oda sıcaklığında kısa süre bekletme sonucu oluşacak rejenerasyon donmuş depolama sıcaklığında ancak aylar sonra ortaya çıkabilmektedir.

POD enziminin rejenerasyonunun ve ısıya dirençli kalıntıların dondurulmuş ürünlerin depolanması sırasında arzulanmayan değişimlere neden olabileceği birçok kaynaktan belirtilmektedir (PINSENT, 1962; WANG ve DIMARCO, 1972; HEMEDA ve KLEIN, 1990; HEMEDA ve KLEIN, 1991; CIVELLO ve ark., 1995; RODRIGO ve ark., 1996; RODRIGO ve ark., 1997; LOPEZ-SERRANO ve BARCELO, 1997). Ancak POD enziminin neden olacağı olumsuzlukların ürünlerin kısa süreli depolanmasında ortaya çıkması beklenmemelidir. Bunun nedeni sözkonusu enzimin aktivitesini gösterebilmesi için gerekli olan peroksitlerin, bitkisel dokularda kısıtlı olarak bulunmasıdır (REYES ve LUH, 1960; BURNETTE, 1977; VAMOS-VIGYAZO, 1981). Ayrıca POD enzimi varolan peroksitlerin kullanımında da oldukça seçicidir. Örneğin turp peroksidazı yalnızca hidrojen peroksit, metil hidrojen peroksit ve etil hidrojen peroksit gibi peroksitleri kullanabilmektedir (BURNETTE, 1977)

Bitkilerde toksik etkileri olan peroksitlerin sınırlı olarak bulunması hiç kuşkusuz dokularda bulunan katalaz enzimlerinin adeta koruyucu etki göstererek onları su ve oksijene parçalamasının bir sonucudur (MATHEWS ve VAN HOLDE, 1996). Ancak bir yandan haşlama sonucunda ısı direnci çoğu zaman peroksidazdan daha az olan katalazın (WILLIAMS ve ark., 1986) inaktif hale geçmesi, diğer yandan da peroksidaz enziminin birçok enzimin aksine donmuş depolama sıcaklıklarında bile çalışma yeteneğinde oluşu, (CANO ve ark., 1998) ürünlerdeki aktif POD kalıntılarının donmuş depolama sırasında zararlı etkilere neden olabileceğini akla getirmektedir.

Uygulamada peroksidaz rejenerasyonunun önlenmesi ile ilgili çalışmalar sınırlı olsa da HEMEDA ve KLEIN (1991) bu konuda yaptıkları bir çalışmada dondurulacak ürünlerin haşlanması sırasında alfa-tocopherol, quercetin, rutinik asit ve klorojenik asit gibi bazı doğal antioksidantların uygulanması yoluyla, donmuş halde depolanmaları sırasında peroksidaz rejenerasyonunun önlenilebileceğini belirtmektedirler. Yine aynı araştırmacılar bu uygulamanın haşlama sıcaklığının düşürülebilmesine de olarak sağlayabileceğini iddia etmektedirler.

Her ne kadar genellikle rejenerasyon özelliği peroksidaz aktivitesiyle özdeşleşmiş olsa da zaman zaman bazı diğer enzimlerin de rejenerasyonuna ilişkin verilere rastlanmaktadır. Nitekim MCFEETERS ve ark. (1985) haşlandıktan sonra turşuya işlenmiş salatalık dilimlerinde pektin metilesteraz enziminin depolama sıra-

sında %15 - 20 arasında bir rejenerasyon gösterebildiğini belirlemişlerdir. Aynı şekilde ŞAKİROĞLU ve ark. (1996) kuşburnu meyvesinden ekstrakte edilmiş polifenol oksidaz enziminin rejenera olma yeteneğinde olduğunu ileri sürmektedirler. Yine SAPERS ve NICKERSON (1962) ıspanaklarda bulunan katalaz enziminin rejenerasyon yeteneğinde olduğunu göstermişlerdir.

Görüldüğü gibi enzimlerin gerek aktivasyonu gerekse rejenerasyonu gıdaların işlenmesi sırasında gözönünde bulundurulması gereken olaylardır. Buna göre işletmelerde uygulanan standart işlemlere, ürünlerde bulunan enzimlerin niteliklerine göre esneklik kazandırılmalı ve optimum koşullar uygulanarak kalite artırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- ADAMS, J. B. 1991. Review: Enzyme inactivation during heat processing of food-stuffs. *Int. J. Food Sci. Tech.* 26: 1-20.
- ALONSO, J., RODRIGUEZ, T., ve CANET, W. 1995. Effect of calcium pretreatments on the texture of frozen cherries. Role of pectinesterase in the pectic materials. *J. Agric. Food Chem.* 43: 1011-1016.
- ALONSO, J., CANET, W. ve RODRIGUEZ, T. 1997 Thermal and calcium pretreatment affects texture, pectinesterase and pectic substances of frozen sweet cherries. *J. Food Sci.* 62: 511-515.
- ANGLETON, E.L. ve FLURKEY, W.H. 1984. Activation and alteration of plant and fungal polyphenol oxidase isoenzymes in sodium dodecylsulfate electrophoresis. *Pytochem.* 23: 2723-2725.
- ASAKA, M. ve HAYASHI, R.1991. Activation of polyphenoloxidase in pear fruits by high pressure treatment. *Agric. Biol. Chem.* 55:2439-2440.
- BURNETTE, F.S. 1977. Peroxidase and its relationship to food flavor and quality: a review. *J. Food Sci.* 42: 1-6.
- CALDWELL, R.A. 1992. Effect of calcium and phytic acid on the activation of trypsinogen and the stability of trypsin. *J. Food Sci.* 40: 43-46.
- CANO, M.P., LOBO, M.G. ve DEANCOS, B. 1998. Peroxidase and poliphenol oxidase in long-term frozen stored papaya slices. Differences among hermaphrodite and female papaya fruits. *J. Sci Food Agric.* 76: 135 - 141.
- CEMEROĞLU, B. ve ACAR, J. 1986. Meyve ve sebze işleme teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No: 6, Ankara, 506s.
- CHAN, H.T., MAINDONALD, J.M., LAIDLAW, W.G. ve SELTENRICH, M. 1996. ACC oxidase in papaya sections after heat treatment. *J. Food Sci.* 61. 1182 - 1185, 1190.
- CHAZARRA, S., CABANES J., ESCRIBANO, J. ve GARCIA-CARMONA, F. 1996. Partial purification and characterization of latent poliphenol oxidase in iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.) *J. Agric. Food Chem.* 44: 984-988.
- CIVELLO, M.C., MARTINEZ, G.A., CHAVES, A.R. ve ANON, M.C. 1995. Peroxidase from strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch.) : Partial purification and determination of some properties. *J. Agric. Food Chem.* 43: 2596-2601.
- COULTATE, T.P. 1989. *Food: The chemistry of its components.* Royal society of chemistry. London. 325s.
- GIBRIEL, A.Y., EL-SHRIGI, A.F., KANDIL, S.H. ve EL-MANSY, H.A. 1978. Effect of pH, sodium chloride and sucrose on heat-inactivation and reactivation of peroxidases in certain foods. *J. Food Sci.* 29: 261-266.
- HAARD, N.F. ve TIMBIE, D. 1973. Chilling injury in green banana fruit: Changes in peroxidase isozymes in soluble and particulate pools. *J. Food Sci.* 38: 642-645.
- HALPIN, B., PRESSEY, R., JEN, J. ve MONDY, N. 1989. Purification and characterization of peroxidase isoenzymes from green peas (*Pisum sativum*). *J. Food Sci.* 54: 644-649.
- HEMEDA, H.M. ve KLEIN, B.P. 1990. Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetable extracts. *J. Food Sci.* 55: 184-192.

- HEMADA, H.M. VE KLEIN, B.P. 1991. Inactivation and regeneration of peroxidase activity in vegetable extracts treated with antioxidants. *J. Food Sci.* 56: 68-71.
- HUDSON, J.M. ve BUESCHER, R.W. 1986. Relationship between degree of pectin methylation and tissue firmness of cucumber pickles. *J. Food Sci.* 51: 138-140, 149.
- KE, D. ve SALTVEIT, M.E. 1998. Plant hormone interaction and phenolic metabolism in the regulation of russet spotting in iceberg lettuce. *Plant Physiol.* 88: 1136-1140.
- KIM, D.M., SMITH, N.L. ve LEE, C.Y. 1993. Apple cultivar variations in response to heat treatment and minimal processing. *J. Food Sci.* 58: 1111-1114, 1124.
- KUKURA, J.L., BEELMAN, R.B., PEIFFER, M. ve WALSH, R. 1998. Calcium chloride added to irrigation water of mushrooms (*Agaricus Bisporus*) reduces postharvest browning. *J. Food Sci.* 63: 454-457.
- LEE, P.M., LEE, K.H. ve KARIM, M.I.A. 1991. Biochemical studies of cocoa bean polyphenol oxidase. *J. Food Sci.* 55:251-260.
- LEITING, V.A. ve WICKER, L. 1997. Inorganic cations and polyamines moderate pectinesterase activity. *J. Food Sci.* 62: 253-255, 275.
- LOPEZ-SERRANO, M. ve BARCELO, A.R. 1997. Kinetic properties of (+) catechin oxidation by a basic peroxidase isoenzym from strawberries. *J. Food Sci.* 62: 676-723.
- MARANGONI, A., JACKMAN, R.L. ve STANLEY, D. W. 1995. Chilling-associated softening of tomato fruit is related to increased pectinmethylesterase activity. *J. Food Sci.* 60: 1277-1280.
- MATHEWS, C.K. ve VAN HOLDE, K.E. 1996. *Biochemistry*. The Benjamin / Cummings publishing company, INC. Menlo Park, California. 1159 s.
- MAYER, A.M. 1987. Polyphenol oxidases in plants-recent progress. *Phytochem.* 26: 11-20. 26: 11-20.
- MCFEETERS, R.F., FLEMING, H.P. ve THOMPSON, R.L. 1985. Pectinesterase activity, pectin methylation, and texture changes during storage of blanched cucumber slices. *J. Food Sci.* 50 : 201-205, 219.
- MOORE, B.M. ve FLURKEY, W.H. 1990. Sodium dodecyl sulfate activation of a plant polyphenoloxidase. *J. Biol. Chem.* 265: 4982-4988.
- NAVEH, O., MIZRAHI, S. ve KOPELMAN, I.J. 1982. Kinetics of peroxidase deactivation in blanching of corn on the cob. *J. Agric Food Chem.* 30: 967-970.
- PINSENT, B.R.W. 1962. Peroxidase regeneration and its effect on quality in frozen peas and thawed peas. *J. Food Sci.* 27: 120-126.
- POWERS, J.R., COSTELLO, M.J. ve LEUNG, H.K. 1984. Peroxidase fractions from asparagus of varying heat stabilities. *J. Food Sci.* 49: 1618-1619.
- RESENDE, R., FRANCIS, F.J. ve STUMBO, C.R. 1969. Thermal destruction and regeneration of enzymes in green bean and spinach puree. *Food Technology* 23: 63-66.
- REYES, P. ve LUH, B.S. 1960. Characteristics of browning enzymes in fay elberta freestone peaches. *Food Technol.* 10: 570-575.
- RODRIGO, C., RODRIGO, M., ALVARRUIZ, A. ve FRIGOLA, A. 1996 Thermal inactivation at high temperatures and regeneration of green asparagus peroxidase. *J. Food Protect.* 59: 1065-1071.
- RODRIGO, C., RODRIGO, M., ALVARRUIZ, A. ve FRIGOLA, A. 1997 Inactivation and regeneration kinetics of horseradish peroxidase heated at high temperatures. *J. Food Protect.*, 60: 961-966.
- QUINTERO-RAMOS, A., BOURNE, M.C. ve ANZALDUA-MORALES, A. 1992 Texture and rehydration of dehydrated carrots as affected by low temperature blanching. *J. Food Sci.* 57: 1127-1128. 1139.
- SAPERS, G.M. ve NICKERSON, J.T.R. 1962. Stability of spinach catalase. III. Regeneration. *J. Food Sci.* 27: 287-290.
- SAPERS, G.M. MILLER, R.L. 1998. Browning inhibition in fresh-cut pears. *J. Food Sci.* 63: 342-346.
- STANLEY, D.W., BOURNE, M.C. STONE, A.P. ve WISMER, W.V. 1995. Low temperature blanching effects on chemistry, firmness and structure of canned beans and carrots. *J. Food Sci.* 60: 327-333.

- ŞAKİROĞLU, H., KÜFREYOĞLU, Ö.I., KOCAÇALIŞKAN, İ., OKTAY, M. ve ONGANER, Y. 1996. Purification and characterization of dog-rose (*Rosa dumalis* Rechst.) polyphenol oxidase. *J. Agric. Food Chem.* 44: 2982-2986.
- UNDERHILL, S.J.R. ve CRITCHLEY, C. 1993a. Lychee pericarp browning caused by heat injury. *Hort. Sci.* 28: 721-722.
- UNDERHILL, S.J.R. ve CRITCHLEY, C. 1993b. Physiological biochemical and anatomical changes in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during storage. *J. Hort. Sci.* 68: 327-335.
- VAMOS-VIGYAZO, L. 1981. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 15: 49-127.
- VETTER, J.L., NELSON, A.I. ve STEINBERG, M.P. 1958. Heat inactivation of sweet corn peroxidase in the temperature range of 210° to 310° F. *Food Technol.* 12: 244-247.
- WANG, S.S. ve DIMARCO 1972. Isolation and characterization of the native, thermally inactivated and regenerated horse radish peroxidase isozymes. *J. Food Sci.* 37: 574-578.
- WEEMAES, C., RUBINS, P., DE CORDT, S. LUDIKHUYZE, L., VAN DEN BROECK, I., HENDRICKX, M., HEREMANS, K. ve TOBBACK, P. 1997. Temperature sensitivity and pressure resistance of mushroom polyphenoloxidase. *J. Food Sci.* 62: 261- 266.
- WILLIAMS, D.C., LIM, M.H., CHEN, A.O., PANGBORN, R.M. ve WHITAKER, J.R. 1986 Blanching of vegetables for freezing-which indicator enzyme to choose. *Food Technol.* 40: 130-140.
- YEMENİCİOĞLU, A., ÖZKAN, M. ve CEMEROĞLU, B. 1997 Heat inactivation kinetics of apple polyphenoloxidase and activation of its latent form. *J. Food Sci.* 62: 508-510.
- YEMENİCİOĞLU, A., ÖZKAN, M. ve CEMEROĞLU, B. 1998. Regeneration of peroxidase from pinto beans (*phaseolus vulgaris*). *Gıda.* 23: 157-159.

GIDA DERGİSİ 1999 yılı dizgi ücreti abone olanlar için 8.000.000.-TL.
abone olmayanlar için 10.000.000.-TL. olarak yeniden
belirlenmiştir.
Ayrı basım; talep eden araştırmacılara 2.000.000.-TL.
ek ücret karşılığında verilecektir.

GIDA TEKNOLOJİSİ DERNEĞİ
YÖNETİM KURULU