

Gıda İşlemede Peroksidazlar

Y. Doç. Dr. Fevzi KELEŞ

A.U. Ziraat Fakültesi, Tarım Ürünleri Teknolojisi Bölümü — ERZURUM

ÖZET

Bu makalede peroksidad (PO) ların gıda işlemedeki işlevleri gözden geçirilmiştir. PO' lar doğada canlılarda yaygın olarak bulunurlar. Hidrojen verici bir maddenin eşliğinde H₂O₂'yi parçalarlar. PO'ların konserve edilerek veya dondurularak saklanan gıdalarda kötü tat - koku oluşumuna katkıda buldukları sanılmaktadır. Düşük asitli gıdaların işlenmesinde daha çok problem oluştururlar. Ayrıca ısıya çok dayanıklı olduklarından ve sonradan etkinlik kazandıklarından inaktifleştirilmeleri için haşlama sırasında ciddi ısı işlemleri gerekmekte ve böylece gıda kalitesi olumsuz yönde etkilenmektedir. Isıya çok dayanıklı olduklarından ötürü gıdalarda enzimleri hedef alan ısı işlemlerinin belirteci olarak kullanılmaktadırlar. Bununla beraber, PO etkinliği ile kötü tat - koku ya bağlı kalite arasında henüz sağlam ilgi kurulamadığından, haşlamadan PO'ların tam ve yeniden etkinlik kazanamayacak şekilde inaktivasyonu anlaşılmamaktadır. Yeni analiz yöntemleriyle soruna açıklık getirileceği umulmaktadır.

GİRİŞ

Peroksidazlar (PO) doğada bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalarda bulunurlar. Polifenol oksidazlar gibi oksidoredüktazlar gurubuna giren enzimlerdir. Enzim Norenklâtürü'ndeki adları E.C.1.11.1.7, verici: hidrojen peroksit oksidoredüktaz'dır. Bu enzimler bir hidrojen verici bileşiğin eşliğinde peroksitleri aşağıdaki tepkimeye göre parçalarlar :

PO

$$ROOH + AH_2 \longrightarrow ROH + A + H_2O$$

ROOH başta H₂O₂ olmak üzere etil, metil hidrojen peroksit gibi bir organik peroksit, AH₂ ise başta guaiacol, pyrogallol olmak üzere hidrojen verici aminlerden o - dianisidine ya da askorbat gibi bir organik bileşik olabilir (14, 20, 24).

Perriprotoporfirin ve flavoprotein PO'lar diye iki ana guruba ayrılırlar. Demir taşıyan

gurubun en çok bilinen üyeleri yaban turpu PO'ı ve sütte bulunan laktoperoksidaddır. Flavoprotein PO'ları mikroorganizmalarda bulunur. Gıda işlemede demir içeren PO'lar daha önemlidir (1, 24).

PO'lar konserve edilerek veya dondurularak saklanan gıdaların doğal lezzetlerinin bozulmasında etkili görünmektedir. İşlenmiş sebze ve meyvelerin tekstür, renk ve besinsel durumlarının bozulmasında da rol aldıkları kaydedilmektedir. Meselc, PO'lar vitamin C'nin oksidatif parçalanmasına yol açabilir; doymamış yağ asitlerinin yokluğunda karotenoidlerin renklerinin açılmasında ve antosiyaninlerin renksizleşmelerinde rol oynayabilirler (20, 22). Renk bozulmalarına katkı bakımından PO'lar polifenol oksidazlara benzer işlevlere sahip görünmektedirler. Polifenol oksidazların gıda işlemedeki önemleri Keleş (7)'de etraflıca anlatılmaktadır.

Gıda işleme sırasında uygulanan yüksek sıcaklık, dondurma, ışınlamlı ve kurutma gibi dış etkenlere PO'ların hemen tüm enzimlerden daha dayanıklı oldukları belirtilmektedir (4). Isıya dayanıklılıkları, bütün gıdalarda yaygın olarak bulunmaları, kalitenin bozulmasında doğrudan etkili olmaları ve nihayet etkinliklerinin basit yöntemlerle belirlenmesinden ötürü PO'lar haşlama ve pastörizasyon gibi ısı işlemlerinin yeterli olup olmadığının anlaşılmasında belirteç olarak kullanılmaktadırlar. Benzer özellikleri olan katalaz'ın ısıya dayanıklılığının PO'dan daha az olduğunun anlaşılması üzerine onun yerini PO almıştır (4, 22).

Gıda işlemede PO'ların bir diğer önemi, inaktifleştirildikten sonra yeniden etkinlik kazanmaları (rejenerasyon)ndan kaynaklanmaktadır. Isı işlemini izleyen saatler, günler hatta aylar içinde ortaya çıkan bu olay düşük asitli oluşlarından ötürü sebzelerde daha büyük bozulmalar kazanmaktadır.

Serbest veya immobilize PO nicel gıda analizlerinde, sözcüğü glüköz tayininde kulla-

ılmaktadır. İmmobilize PO'ların sıvı gıdaları da içine alan sıvıların soğuk sterilizasyonunda kullanılması gündemdedir (4, 20, 22).

Sütte bulunan ve tüketiciye zararlı olmayacak düzeyde dışardan katılan tiyosiyanat ve hidrojen peroksit ile aktiveleştirilen laktoperoksidazların mikrop öldürücü ve aflatoksin parçalayıcı etkilerinden yararlanılmakta (2, 19), PO katımıyla unlarda iyi özelliklerin geliştirilmesine çalışılmaktadır (8).

İşlenen gıda hammaddelerinin kalitesini ilgilendiren hususlar olarak, armutlarda taş oluşumu, kuşkonmazın haşat sonrasında selüloz dokularının artması ile sert yapı kazanması, indol asetik asit, etilen ve PO arasındaki fizyolojik ilişkinin meyve ve sebzelerin olgunlaşmalarına etki etmesi PO'ların fizyolojik işlevlerine bağlanmaktadır (4, 23).

PO'lar çok araştırılmış enzimler olmalarına karşılık mevcut bilgilerimiz bunların davranışlarını kesin olarak açıklamaya yetmemektedir. Bunun nedeni PO'ların birçok sübstrat ile reaksiyona girmeleri, özel bir bitki çeşidinde bile çok sayıda PO izoenzimlerinin bulunması ve gıda işlemedeki işlevlerinin oldukça karmaşık olmasıdır (24).

Bu derlemenin amacı, gıda işlemede, özellikle dondurularak ya da konserve edilerek saklanan gıdaların üretiminde PO'ların işlevlerini; ısıya dayanıklılıkları, yeniden etkinlik kazanmaları ve kötü tat - koku oluşumuna katkıda bulunmaları ile bağlantılı olarak ele almak, bu konularda yakın geçmişte yapılan araştırmaları gözden geçirmek ve daha çok araştırılması gereken noktalara işaret etmektir.

PO'LARIN ISIYA DAYANIKLILIĞI ve YENİDEN ETKİNLİK KAZANMALARI

PO'lar bitkilerde bulunan ısıya en dayanıklı enzimler olarak bilinmektedirler. Ayrıca yeniden etkinlik kazanma olmaktadır. Yeşil bezelyelerdeki PO 121°C de ancak 6 dak. içinde inaktifleştirilmiş, 130°C de 6 sn ısıtılan ve 1 - 2 gün saklanan örneklerin PO aktivitesi başlangıçtaki % 6 sına düşmüş ancak 5 günden sonra % 10'a yükselmiştir (1). Tüm gıdalarda, özellikle dondurularak saklananlarda bütün enzimlerin inaktifleştirilmesi yoluna gidil-

diğine göre, PO'ların denatüre edilmesiyle diğer enzimlerin inaktivasyonu garanti edilmiş olmaktadır. PO'ların ısıya dayanıklılıkları ve rejenerasyon durumları diğer yönlerinden daha çok araştırılmıştır.

PO'ların ısıya dayanıklılıklarının fazla olması ve yeniden etkinlik kazanmaları haşlama ve pastörizasyonda uygulanan sıcaklık ve süre düzeylerinin yüksek tutulmasına ve sonuçta konserve ya da dondurulmuş gıdanın kalitesinin düşmesine yol açılmaktadır. Bu durum gıda işlemede ciddi bir problemdir ve henüz kalıcı ya da yeniden kazanılan etkinliğin hangi sınırlar içinde bulunması gerektiği üzerinde anlaşma sağlanabilmiş değildir. Bunun nedeni, PO etkinliği ile kalite öğeleri, söz gelişi kötü tat - koku, renk arasında sağlam ilişkilerin henüz kurulamamış olmasıdır. Kimi zaman çok kısa süre haşlanan ve düşük seviyede de olsa kalıcı PO aktivitesi taşıyan sebzelerin konserve olarak veya donmuş halde saklama sonunda, hiç PO aktivitesi göstermeyenlerden kaliteli olduğu ya da önemli kalite bozulması göstermediği gözlenmiştir (1, 22, 24). Enzim varlığını belirlemede kullanılan deneylerin farklılığı, belki de bazılarının tutarsızlığı, alınan örneklerin bütün ürün kitlesini temsil etmemesi, kalıcı etkinlik ile yeniden kazanılan etkinliğin, hatta enzim aktivitesinin tayini sırasında uyarılan etkinliğin ve bunların ürün duyu kalitesine etkilerinin birbirlerinden ayrılmasının güç olması ve son olarak konserve gıda üretiminde ısı işlemi sırasında peroksit tepkime için gerekli olan H₂O₂'nin parçalanması konunun çözüme kavuşturulmasını geciktirmektedir (24). Bu arada, gıda işlemede PO etkinliğinin tamamen ortadan kaldırılması şeklindeki uygulamanın PO etkinliği - kalite ilişkisinin tamamen belirlenmeden önce koyulan eski standartlardan kaynaklandığı belirtilerek son kalite üzerinde uygulanan ısı işleminin düzeyinin de etkili olduğu vurgulanarak konunun yeniden değerlendirilmesi ve en yüksek kaliteyi sağlayacak orta yolun bulunması öğütlenmektedir. Nitekim, başlangıçtaki etkinliğin % si olarak bezelyeler için 2 - 6.3, yeşil fasulyeler için 0.7 - 3.2, karnabahar için 2.9 - 8.2 ve Brüksel lahanaları için 7.5 - 11.5 arasındaki kalıcı PO etkinliğinin normal sayıldığı ve

90 - 100°C'de 2 dak'lık haşlamanın uygun olduğu belirtilmektedir (22). Ilımlı kalıcı ya da yeniden kazanılan PO etkinliğinin zararlı olmadığı hatta bazı ürünlerde yarar sağladığı görüşü giderek kuvvet kazanmakta ve inaktivasyon için gerekli olandan birkaç kat daha fazla ısı yükü gerektiren rejenerasyonun önlenmesine yönelik ısı işlemlerinden hiç değilse bazı ürünlerde vazgeçilmektedir. Burada her ürün için iyi analiz edilmesi gereken bir risk - fayda kavramı söz konusudur. PO etkinliği ile buna bağlı kalitenin ana elemanı olan tat - koku oluşumuna ilgili bölümde yer verileceğini belirtelim ve haşlanmış sebzelerde katalazin, pastörize sütlerde alkalın fosfatların da yeniden etkinlik kazandıklarına işaret ettikten sonra PO'ın ısıya dayanıklılığında ve rejenerasyonunda etkili olan faktörler üzerinde duralım.

PO Kaynağı

Her canlı cinsi, türü, çeşit ya da ırkında bulunan PO nicelik ve nitelik bakımından farklı olmakta, sonuçta değişik inaktivasyon motifleri ortaya çıkmaktadır. Mikroorganizmaların öldürülmesindeki gibi başlangıçtaki PO etkinliğinin yüksek olması inaktivasyon için daha çok ısı yükü gerektirmektedir.

Farklı tür ve çeşitteki PO inaktivasyon çalışmalarının sonuçlarını burada sergilemek olanaksız. Yalnızca bazılarına değinilecektir.

Kış ispanağındaki nötr pH gurubu izoenzimlerin 70°C'de 1 dak'da inaktifleştirildikleri oysa asidik izoenzim gurubun 100°C'de 1 dak. sonunda iz etkinlik gösterdikleri, bir çeşit lahanadan (kohlrabi) ayrılan 8 izoenzimden 4.5 civarında optimum pH'ya sahip olan 5'inin 90°C'de 10 dak. içinde inaktive oldukları, yaban turpu izoenzimlerinin alkalın olanlarının ısıya daha az dayandıkları, patates ve karnabahar homojenatlarındaki PO'ların 95°C'de 10 dak. içinde tamamen ve dönüşümsüz olarak inaktifleştirildiği, buna karşılık 120°C'de 10 dak. tutulan kohlrabi PO'ı başlangıçtaki etkinliğinin % 0.31'ini halâ koruduğu değişik araştırma sonuçları olarak nakledilmektedir (24).

Ülkemizde yapılan bir çalışmada, 95°C'de sıcak su ile haşlanan patates PO'nun 4 dak. da başlangıçtaki etkinliğinin % 1.77'sini kuru-

duğu, lahanada PO'nun ise 2 dak. içinde inaktifleştirdiği, ısıya en dayanıklı PO'ın taze yeşil fasulye, patates ve kabakta bulunduğu ve 75°C'de 30 dak. haşlamanın bunlardaki PO'ların inaktifleştirilmesine yetmediği, oysa soğan ve ıspanak PO'larının 95°C'de 15 sn içinde parçalandıkları saptanmıştır (16, 17).

Kahn ve ark. (5), patates PO'nun % 60'ının çözünür, % 40'ının bağlı formda olduğunu, çözünür olanın diğerinden 15 kat daha aktif bulunduğunu ve her iki formunda 70°C'de 5 dak.'da aktivitelerinin % 50'sini kaybettiklerini bulmuşlardır. Değişik sonuçlar soya fasulyeleri (21), yeşil bezelyeler (9), karnabaharlar (10 - 11) ve daha birçok diğer ürünler için (12, 25) elde edilmiştir. Görüldüğü gibi enzim kaynağına bağlı olarak izoenzim motifleri, herbir izoenzimin en iyi etkinlik gösterdiği pH ve sıcaklık, bağlı ya da çözünür izoenzim oranları, saflaştırılan ve tampon ortamında ya da doğrudan kaynak homojenatında yapılmasına göre etkinliğin ölçüldüğü ortamın kimyasal bileşimi PO'ların ısıya dayanıklılıklarında ve sonuçta yeniden etkinlik kazanmalarında etkili olmaktadır. Bu kadar değişkenin değişik düzeylerinin denenmesi gerçekten hem çok sayıda araştırmayı gerektirmekte hem de sonuçların birbiriyle tamamen bağdaştırılması güçleşmektedir. Bu nedenle, herhangi bir araştırmada herhangi bir kaynak PO'ı için bulunan ısıya dayanıklılık sonuçlarının daima ihtiyatla ele alınarak elde edildikleri koşullar içinde değerlendirilmesi gerektiği kanısındayız. Çeşitli meyve ve sebzelerdeki PO'ların ısıya dayanıklılıklarına ilişkin parametreler Vamos - Vigyazo (24) ve Schwimmer (22) tarafından yazılan değerli derlemelerde biraraya getirilmiştir. Şimdi PO'ların ısıya dayanıklılıklarını etkileyen dış etmenlere geçebiliriz.

Süre - Sıcaklık ve Yeniden Etkinlik

Kazanma

Isı işlemlerinde uygulanan süre ve sıcaklığın PO'nun inaktivasyonuna etkisinin kalıcı etkinlik ve yeniden kazanılan etkinlik ile bağlantılı olarak incelenmesi gerekir. Önce, bir dış faktör olarak, kaynağına bağlı asitlik değil de, gerek tampon çözeltisinin ayarlanan asitliğine, gerekse gıda ortamına dışarıdan katılan asit-

lerin meydana getirdiği asitliğe bağlı olarak PO'nun ısıya dayanıklılığının etkilendiğine işaret edelim. Yaban turpu PO'nun pH 0.7 de en düşük oranda inaktivasyon uğradığı, oysa pH 4.0 da inaktivasyon 8, pH 10.0 da ise yaklaşık 2 kat arttığı belirlenmiştir. Bu arada tuz ve şekerin konsantrasyon ve PO kaynağına bağlı olarak etki ettiklerini, bu nedenle değişik sonuçlar bulunduğunu (3, 13) belirtelim.

Gerek iyonize radyasyon, gerekse mikrodalga gibi ısı dışındaki enerjilerin yalnız başlarına ya da diğer etmenlerle birlikte PO etkinliklerine etkilerini bu iki konuda hazırlamayı plânladığımız derlemelere bırakarak mikroorganizma ve diğer zararlıların ölümüne yeten iyonize radyasyon dozu ile enzim inaktivasyonu veya denatürasyonu sağlayan doz arasında büyük fark olduğunu, söz gelişi 2.4 Mrad doz ile ışınlama sonucu küçük canlıların tamamen öldüğünü buna karşılık enzim aktivitesinin devam ettiğini (22) belirtmekle yetinelim. Bu arada, SO₂ ve SO₃ veren kükürtlü bileşiklerin pratikte geçerliliği olan kimyasal PO inhibitörleri olduklarını (24) not edelim.

PO'nun belli pH da ısı ile inaktivasyonunda etkili olan ana dış etmenler ısı işleminin süre ve sıcaklığıdır. Belli sıcaklıkta tutma süresi ne kadar uzunsa PO'nun inaktivasyonu o kadar fazladır. Uygulamada dayanıklı mikroorganizma sporlarını hedef alan ısı işlemlerinde kalitenin korunması açısından yüksek sıcaklık kısa süre (HTST) tercih edilmektedir; ancak diğer besin bileşenleri yanında kalite öğelerinden biri olan proteinler ısının etkisinden korunurken, protein yapısında olan enzimler de korunmuş olmakta, sonuçta kalıcı PO etkinliği sorun olmaktadır. Rejenerasyon olayının da HTST işlemlerinden sonra daha büyük boyutlara ulaştığı vurgulanmaktadır (1, 22, 24). O halde ısı işlemlerinde mikroorganizma ve enzimler bakımından bir ikileme karşılaşılmaktadır. Sebzeler ve süt gibi düşük asitli gıdaların HTST işlemlerinde, PO'ların inaktivasyonu ve yeniden etkinlik kazanmaları sorununa özel dikkat odaklanması gerekir inancındayız. HTST ısı işlemleriyle elde edilen sütlerin HTST işlenen meyve sularından çok daha az dayanıklı olmaları sorununa lipaz, lipoksigenaz ve laktoperok-

sidad enzimlerinin inaktivasyonu ve rejenerasyonu açısından da yaklaşılmalıdır.

PO rejenerasyonu dondurulmuş gıda üretimi bakımından da önemlidir. Bilindiği gibi dondurmaya en uygun gıdalar et ve sebzelerdir. Bunlar da düşük asitli gıdalar olduklarından hem PO'larının tam inaktivasyonu zordur hem de buna bağlı olarak rejenerasyon fazladır. Bu ürünlerin konserveye işlenmesinde de enzimler açısından mikroorganizma sporlarına göre daha uzun süreli ısı işlemlerine gereksinim vardır. Ancak daha önce değinildiği gibi haşlama, kalite hiç gözetilmeden PO'ların tamamen inaktifleştirilmelerini ve yeniden etkinlik kazanamamalarını sağlayan ısı işlemi olarak düşünülüyor ve plânlanmıyor artık. Yeri gelmişken, geleneksel sıcak su ile haşlamaya seçenek olarak öngörülen sıcak buhar ve sıcak gazlarla kısa süreli haşlama işlemleri de düşük asitli gıdalarda enzim rejenerasyonu açısından iyi değerlendirilmelidir. Kısacası, HTST asitli gıdalarda daha güvenle uygulanmaktadır.

Yeniden etkinlik kazanmanın yalnız kısmen inaktifleştirilen, daha doğrusu ölçülemez kadar da olsa kalıcı etkinliği olan PO'larda görüldüğü, tamamen inaktifleştirilenlerde ortaya çıkmadığı görüşü ağırlık kazanmakla beraber konu tartışmalıdır (24). Yeniden etkinlik kazanma PO polipeptid zincirinin yeniden katlanması ve bünyede konjüge karbonhidrat bulunmasına bağlanmaktadır (4, 22).

Kalıcı etkinlik yanında rejenerasyon düzeyi, ısı işlevini izleyen zaman içinde ürünün saklandığı şartlara da bağlıdır. Saklama sıcaklığı yükseldikçe yeniden kazanılan PO etkinliğinin arttığı, -18°C altındaki depolamada rejenerasyon olmadığı ya da önemsiz olduğu, hatta kalıcı etkinliğin de bir ölçüde azaldığı belirtilmektedir (6, 24). Ancak bu genel kuralla çelişen sonuçlar (3) ve görüşler de vardır (1). Bir yandan -18°C gibi düşük sıcaklıklarda bile aktif enzim sistemlerinin meyve ve sebzeleri bozabildiği bildirilirken (1), diğer yandan yalnızca 10°C'den yüksek depolama sıcaklıklarında saklanan sebzeler ile dondurulmuş halde enzimlerin inaktivasyonuna yetmeyecek kadar

kısa süre depolanarak çözülen sebzelerde rejenerasyonun belirlendiği kaydedilmektedir (22).

Isıya dayanıklılık ve yeniden etkinlik kazanma yanında PO'ların diğer bir ısı özelliği de 90°C'nin altındaki sıcaklıklarda elde edilen süreye karşı kalan etkinliğin logaritmasına ilişkin eğrinin, herbiri ayrı reaksiyon hız sabitine sahip olan iki ayrı inaktivasyon aşaması göstermesidir. Bu olayın mekanizması hakkında değişik görüşler (22, 24) vardır. Bunun herhangi PO sistemi içinde ısıya çok dayanıklı ve az dayanıklı izoenzimlerin bulunuşundan kaynaklanabileceği ileri sürülmektedir (24). Kuşkonmaz ve portakal PO'larının çift aşamalı ısı inaktivasyon gösterdikleri tesbit edilmiştir (15, 25).

PO'ların ısıya dayanıklılığı konusundaki bilgileri özetledikten sonra gıda işleme ve saklamada bu enzimlere yüklenen ana işleve, yani kötü tat - koku oluşumuna geçebiliriz.

PO'LAR ve KÖTÜ TAT - KOKU OLUŞUMU

Ekidenberi polifenol oksidazlar denilince gıda rengi; PO'dan söz edilince de kötü tat - koku akla gelir. Ancak, PO ile tat - koku arasındaki ilişki henüz sağlam temellere oturmuş değildir. Ayrıca, PO'ların bu yönü üzerindeki çalışmalar da azdır.

Özellikle enzim sistemleri tam yokedilmeden konserve edilen düşük asitli gıdalarda, saklama şartlarına bağlı olarak, doğal olmayan tat - koku ve renk değişmelerinin meydana geldiği öteden beri bilinmektedir. Araştırılan ürün çeşidine de bağlı olarak PO inaktivasyonu ya da rejenerasyonu ile kötü tat - koku arasında bazen ilgi bulunmuş, bazen bulunamamış ve her ürün için PO'ı tamamen inaktifleştirecek kadar ciddi ısı işlemine gerek olmayabileceği belirtilmiştir (1). Hatta kalıcı ya da yeniden kazanılan PO etkinliğinin bazı ürünlerin kalitesini artırdığını gıda işleyicileri deneyimlerine dayanarak öne sürmüşler (22); bu durum bazı araştırmalarla da (1, 24) gözlenmiştir. Schwimmer (22) bunun bir açıklaması olması gerektiğini belirterek, bu konuda kalıcı ya da yenilenen PO etkinliği sayesinde enzimatik olmayan yolla oluşan süperoksit anyonunun hidro-

jen peroksitle reaksiyona girmesi önlediği için, kaliteyi düşürmede son derece etkili olan serbest hidroksil radikali ve singlet oksijen oluşmasının elemine edilmesini düşünmektedir.

Genel anlamda PO'ların, çoğu ferriprotoporfirin taşıyan pigmentler gibi doymamış yağ asitlerini peroksidatif olarak parçaladıkları ve sonuçta oksit tadının oluşumuna katkıda bulunan uçucu karbonil bileşiklerinin oluştuğu belirtilmekte, PO'ların katalizlediği hidroperoksit parçalaması sonucu ortaya çıkan serbest radikallerin birçok gıda bileşeninin parçalanmasına neden olduğu sanılmaktadır (20). Diğer yandan, konserve ve dondurulmuş gıdaların depolanması sırasında kötü tat - koku oluşumunun kalıcı PO etkinliğinin bir sonucu değil, daha çok ısı işlemi sırasında inaktifleştirilen ısıya daha az dayanıklı izoenzimlerden oluşan agregatların meydana getirdiği enzimatik olmayan oksidasyondan kaynaklanabileceğinin sandığı, ortaya çıkan tat - koku bileşiklerinin lipid oksidasyonu ürünleri olarak teşhis edilmesinin bu tahmini desteklediği belirtilmekte ve ısıya dayanıklı olmaması ve yeniden etkinlik kazanma eğilimi göstermemesi nedeniyle lipoksigenazın bu olayda düşünülemediği vurgulanmaktadır (24). Isının PO'ın lipohidroperoksit oluşturma gücünü harekete geçirerek onun bir lipid oksidasyon katalizörü olarak iş görmesine yol açtığı, böylece PO'ın dolaylı olarak lipoksigenaz işlevi, üstlendiği ima edilmektedir (22). Bu arada Schwimmer (22)'in biraraya topladığı PO - kötü tat ile ilgili araştırma sonuçlarının birbirini desteklemediği anlaşılmaktadır. PO'ların lipid hidroperoksitlerinin kullanımında rol oynadığı ve bir ara kompleks yolu ile serbest radikaller meydana getirdiği (9), HTST ısı işlemi ile genel PO etkinliği düşen izoenzimlerin bazılarının aktivitesinin arttığı, yeni izoenzimlerin oluştuğu ve bunların lipid oksidasyonunda başlangıçta mevcut olanlardan daha etkili olduğu bulunmuştur (18). Görüldüğü gibi PO'lar ve tat - koku bileşiklerinin oluşum mekanizması henüz tam aydınlanmış değildir. Çağımızda yeni geliştirilen analiz yöntemleriyle PO - tat ilişkisinin çok geçmeden aydınlanması ve nicel esaslara bağlanması içten dileğimizdir.

SUMMARY**PEROXIDASES IN FOOD PROCESSING**

In this article the functions of peroxidases (PO) are reviewed in connection with food processing. PO's are ubiquitous in nature. These enzymes degrade the H_2O_2 in the presence of a hydrogen donor substance such as guaiacol, or pyrogallol. It is assumed that PO's are involved in off-flavor of canned or frozen foods. This situation is more important in low acid foods. Because of very heat stabilities, PO's are used as indicators of heat processes

of foods and their complete inactivation ensures the destruction of all the other enzymes included in foods. Since the correlation between PO activity and formation of off-flavor is empirical yet and the denaturation of PO's, in such a manner that it can not regenerate during subsequent storage, requires very severe heat treatments resulting in quality losses, nowadays, it is recommended milder blanching processes at least for some low-acid products. It is hoped that new techniques of analysis will exhibit what is right or wrong and solve this problem.

KAYNAKLAR

1. Burnette, F.S. 1977. Peroxidase and its relationship to food flavor and quality: A review. *J. Food Sci.* 42: 1 - 6.
2. Doyle, M.P., Marth, E.H. 1978. Degradation of aflatoxin by lactoperoxidase. *Z. Lebens Unters Forsch* 166 (5): 271 - 273.
3. Gibril, A.Y., El-Sahrigi, A.F., Kandil, S.H., El-Mansu, H.A. 1978. Effect of pH, sodium chloride and sucrose on heat inactivation and reactivation of peroxidase in certain foods. *J. Sci. Food Agric.* 29 (3): 269.
4. Haard, N.F. 1977. Physiological role of peroxidase in postharvest fruits and vegetables. «Enzymes in Food and Beverage Processing», R.L. Ory, A.J. Angelo, eds., ACS Symposium Series 47, American Chemical Society, Washington, D.C. b61. 9.
5. Kahn, V., Goldshmidt, S., Amir, J., Granit, A. 1981. Some biochemical properties of soluble and bound potato tuber peroxidase. *J. Food Sci.* 46 (3): 756 - 764.
6. Kampis, A., Bartucz-Kovacz, O., Hoschke, A., Vamos-Vigyazo, L. 1984. Changes in peroxidase activity of broccoli during processing and frozen storage. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 17 (5): 293 - 295 (FSTA, 8j 144, 1985).
7. Keleş, F. 1986. Gıdalarıda enzimatik esmerleşme ve kontrolü. *Doğa D₂* (Baskıda).
8. Kieffer, R., Matheis, G., Hoffman, H.M., Belitz H.D. 1981. Improvement of baking properties of wheat flours by addition of horseradish peroxidase, hydrogen peroxide and phenols (Almanca). *Z. Lebens Unters Forsch* 173 (5): 376 - 379.
9. Lee, H.C. 1981. Green pea peroxidases: Their catalytic properties and thermal stabilities. *Dissertation Abstracts International*, B 42 (6): 2292 - 2293 (FSTA 11j 1679, 1982).
10. Lee, C.Y., Pennesi, A.P. 1984. Isolation and further characterization of a heat resistant peroxidase isoenzyme from cauliflower. *J. Food Sci.* 49 (6): 1616 - 1617.
11. Lee, C.Y., Pennesi, A.P., Dickson, M.A. 1984. Characterization of the cauliflower peroxidase isoenzyme. *J. Agric. Food Chem.* 32 (1): 17 - 31.
12. Lee, C.Y., Pennesi, A.P., Smith, N.L. 1983. Purification and some properties of peroxidase from de Chaunac grapes. *Amer. J. Enol. and Vitic* 34 (2): 128 - 129.
13. Lu, A.T., Whitaker, J.R. 1974. Some factors affecting rates of heat inactivation and reactivation of horseradish peroxidase. *J. Food Sci.* 36: 1173 - 1178.
14. Marshall, M., Chiam, G.W. 1979. A comparison of the suitability of three hydrogen donors in the determination of peroxidase activity. *J. Food Sci.* 44 (3): 942 - 943.
15. McLellan, K.M., Robinson, D.S. 1984. Heat stability of peroxidase from orange. *Food Chemistry* 13 (2): 139 - 147 (FSTA, 3j170, 1985).
16. Müftügil, N. 1984. Bazı sebzelelerin peroksidaz enzim içerikleri ve bu enzimin ısıya karşı direnci. *Gıda* 9 (4): 223 - 229.
17. Müftügil, N. 1985. The peroxidase enzyme activity of some vegetables and its resistance to heat. *J. Sci. Food Agric.* 36 (9): 877 - 880.

18. Ongley, M.H., Adams, J.B. 1982. HTST processing/aseptic filling of particulate foods. Enzyme problems. Technical Memorandum, Campden Food Preservation and research Association No. 297.
19. Reiter, B., Härnuly, G. 1984. Lactoperoxidase antibacterial system: Natural occurrence, biological functions and practical applications. Review. J. Food Protection 47 (9): 724 - 732.
20. Richardson, T. 1976. Enzymes, «Principles of Food Science, I. Food Chemistry,» O.R. Fennema, ed., Marcel Dekker, New York, s. 285.
21. Sessa, D.J. Anderson, R.L. 1981. Soybean peroxidases: purification and some properties. J. Agric. Food Chem. 29 (5): 960 - 965.
22. Schwimmer, S. 1981. Source Book of Food Enzymology The AVI Publ. Co., Inc. Westport, CT, U.S.A.
23. Thomas, R.L. 1981. Purification and characterization of tomato fruit peroxidase, Dissertation Abstracts International, B 41 (7): 2422 - 2423. (FSTA, 7j 924, 1982).
24. Vamos-Vigyazo, L. 1981. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 15: 49 - 127.
25. Wang, Z., Luh, B.S. 1983. Characterization of soluble and bound peroxidases in green asparagus. J. Food Sci. 48 (5): 1412 - 1417.

