

## GIDALARDA KISACA OKSİDASYON; ANTIOKSİDANTLAR VE GIDA SANAYİNDE KULLANIMLARI

Songül ÇAKMAKÇI (1)

Hüsnü Yusuf GÖKALP (1)

**ÖZET :** Özellikle yağ ve yağ içeren gıda maddelerindeki oksidasyonu geciktirmek için antioksidant adı verilen çeşitli gıda katkı maddeleri kullanılmaktadır. Gıdalarda oksidasyon sonucu bozulma, ransit tat ve aroma, renk değişimi ve besin değerinde azalma meydana gelmektedir. Antioksidantlar hava oksijeni ile reaksiyona girerek gıdalarda arzu edilmeyen değişiklikleri önlemektedirler. Gıda maddesine ilave edilecek bir antioksidant ve lveya antioksidant kombinasyonunun istenilen etkiyi sağlayabilmesi için çok iyi incelenmesi gerekmektedir. Gıda sanayiinde kullanılan antioksidantlar genel olarak 4 grupta toplanabilir :

1. Serbest radikal ile bağlanıp kompleks oluşturanlar,
2. İndirgen özellik gösterenler,
3. Chelating ajanlar ve
4. İkinci derecedeki antioksidantlar.

Bu gruplar içinde yer alan çeşitli antroksidantlar gıdalarda Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğimizde izin verilen limitler içinde kullanılarak tüketici sağlığı ve ürün kalitesinin korunması, ürünün raf ömrünün uzatılması ve ekonomik faydalar sağlanması mümkündür. Bu makalede bu konular detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

### GİRİŞ

Yağ ve yağ içeren gıdalar hava oksijeninin etkisiyle oksidasyona uğramaktadır. Oksijen, gıdanın yağ, karbonhidrat ve proteinlerine etki ederek az veya çok hissedilebilir kalite düşmelerine neden olmaktadır. Gıda bileşenleri ile hava oksijeni arasında kendiliğinden meydana gelen bu olaya "otoksidasyon" denilmektedir. Oksidasyonla bozulma sonucu meydana gelen çok spesifik bazı etkiler ise şöyle sıralanabilir (Riemenschneider, 1955; Dziezak, 1986; Özdalyan, 1991) :

1. Katı ve sıvı yağlar ile yağ içeren gıdalarda ransit tat ve aroma oluşumu

---

1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Erzurum.

2. Pigmentlerde renk açılması

3. Toksik oksidasyon ürünleri oluşumu

4. Üründe tat ve koku kaybı ve bozuklukları

5. Tekstürde değişimler

6. Vitaminler (A, D ve E) ve esansiyel yağ asitlerinin (özellikle linoleik asit) tahribatından dolayı besleyicilik değerinin azalması.

Oksidasyona yol açan veya hızlandıran reaktiflerin başında oksijen gelmekte olup, ayrıca ışık, sıcaklık, demir ve bakır gibi metal iyonları, bir kısım pigmentler ve doymamışlık derecesi oksidasyonu hızlandırmaktadır (Riemenschneider, 1955; Keskin, 1981; Dziezak, 1986; Anon., 1991; Frankel, 1991). Bu faktörler ortadan kalktığı takdirde, oksidasyonda ortadan kalkmaktadır. Ancak pratikte bu mümkün olamamaktadır. Bu nedenle otoksidasyonu, dışardan herhangi bir madde katmadan önlemek çok zordur. İşte otoksidasyonun fiziksel ve teknolojik yöntemlerle önlenemediği durumlarda antioksidantlar ve sinerjistler katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Saldamlı, 1985; Dziezak, 1986).

Antioksidantlar, gıda sanayiinde, bitkisel ve hayvansal yağlar ve yağ içeren gıda maddelerinin üretimi, depolanması, taşınması ve pazarlanması sırasında, normal sıcaklıklarda atmosfer oksijeninin etkisini geciktirerek, gıdanın bozulması ve acılaşmasını belli bir süre engelleyen en etkili maddelerdir. Bunlar gıda kalitesini artırmayıp onlara herhangi bir yabancı tat ve koku da vermezler. Arzulanan kalite ancak, iyi hammadde, doğru üretim tekniği, uygun ambalajlama ve depolama şartları sağlamak suretiyle elde edilebilir.

Antioksidantların uygun ve etkin kullanımı için bitkisel ve hayvansal yağların kimyasını, oksidasyon mekanizmasını ve kullanılan antioksidantın fonksiyonlarını çok iyi bilmek ve oksidasyon başlamadan önce antioksidantı gıdaya katmak gerekmektedir (Stuckey, 1972; Dinçer, 1987; Ünsal ve ark., 1992). Antioksidantların etkisini artırmak veya tamamlamak için çoğu kez "sinerjist" adı verilen maddeler de kullanılmaktadır (Keskin, 1981; Saldamlı, 1985).

## **GIDALARDA KISACA OKSİDASYON**

Antioksidant konusunun açıklığa kavuşabilmesi bakımından, gıdalarda oksidasyon üzerinde kısaca durmak gerekmektedir. Bilindiği gibi gıdaları oluşturan temel unsurlar karbonhidrat, protein ve yağdır. Bu öğeler, gıdanın önemli bir kısmını oluşturan su ile entegre bir durumda bulunmaktadır. Bu bakımdan gıdalarda oksidasyon olayı şu üç başlık altında incelenebilir.

1. Karbonhidrat oksidasyonu
2. Protein oksidasyonu
3. Yağ oksidasyonu

**1. Karbonhidrat Oksidasyonu :** Gıdalarda karbonhidrat oksidasyonu sonunda renk ve aroma değişikliği meydana gelmektedir. Rengin bozulması genellikle kahverengi, gölgeli, gri ve sarı rengin teşekkülü ile kendini göstermektedir. Karbonhidratlar aşağıda belirtilen çeşitli reaksiyonların etkisiyle bozulabilmektedir.

a) **Maillard reaksiyonu :** Gıdaların enzimatik olmayan tipteki kahverengileşme (esmerleşme) reaksiyonlarından en önemlisi olup indirgen şekerler ile proteinlerin serbest amino grupları veya aminoasitler arasında cereyan etmektedir (Elgün ve Ertugay, 1990). Bu reaksiyonun olumsuz etkileri; askorbik asiti, sitrik asit veya diğer organik asitlerle önlenabilir (Stuckey, 1972; Saldamlı, 1985; Dinçer, 1987).

b) **Enzim reaksiyonu :** Karbonhidratların peroksidaz veya katalaz gibi enzimlerin etkisiyle okside olması sonucu meydana gelmekte olup bu olayda esmerleşme şekli kötü koku ve tat bozukluğu ile birleşmektedir. Bu şekildeki oksidasyonu önlemenin tek yolu ısıl işlemle enzimi inaktif hale getirmektir (Stuckey, 1972; Dinçer, 1987).

c) **Doğal pigmentlerin oksidasyonu :** Karoten ve benzeri doğal pigmentlerin okside olması sonucu renk kaybı ve tat bozukluğu meydana gelmekte ve bu bozukluklar ürüne uygun antioksidant ilavesi ile önlenabilmektedir. Bütillenmiş Hidroksi Anisol (BHA), Bütillenmiş Hidroksi Toluen (BHT) ve tokoferoller bu amaçla en çok kullanılan antioksidantlardır (Stuckey, 1972; Saldamlı, 1985; Dinçer, 1987).

d) Yüksek ısı dolayısıyla oksidasyonun hızlanması sonucu bazı metal ve mikrobiyolojik artıkların meydana getirdiği tat ve renk değişiklikleri, chelating (çelat) ajanları ile önlenabilmektedir. Sitrik asit en çok kullanılanıdır (Dinçer, 1987).

**2. Proteinlerin Oksidasyonu :** Proteinlerin oksidasyonu gıda maddesinde, bozuk koku ve tat teşekkülü şekilde ilk anda kendini göstermeyebilir (Saldamlı, 1985). Proteinler proteolitik enzimler tarafından parçalandıkları gibi ısıtma ve hidrolitik reaksiyonlar gibi reaksiyonların etkisiyle denatüre olurlar (Stuckey, 1972). Özellikle proteinlere bağlı heme-pigmentler; çok çabuk okside olarak renk değiştirir. Bu tür renk değişimi, herhangi bir gıda katkı maddesi ile engellenemez.

Hemoglobin myoglobin kendi içindeki oksidasyonda aktif olarak katalitik rol oynamaktadır (Stuckey, 1972, Saldamlı, 1985). Bu gibi durumlarda ambalajlama durumuna özen gösterilerek sorun çözülmeye çalışılmaktadır (Dinçer, 1987).

**3. Yağ oksidasyonu :** Yağların veya serbest yağ asitlerinin özellikle çok doymamış yağ asitlerinde meydana gelen oksidasyon, lipit kimyasında en önemli reaksiyonlardan biridir. Yağ ve yağ içeren gıdalarda kalite düşmesini etkileyen en önemli faktör oksidasyondur. Kendi kendini katalizleyen bu reaksiyon zinciri üç safhaya ayrılabilir (Ünsal ve ark., 1992). Başlangıç, (Initiation), yayılma-hızlanma (Propagation) ve sonuçlanma (Termination). Ayrıca oluşan oksidasyon ürünleri reaksiyonu katalize etmektedir. Gıdalarda tat ve aroma bozulması lipid hidroperoksitleri, karbonil bileşikler, hidrokarbonlar, ketonlar ve diğer bazı bileşikler eşlik ederek gıdalarda ransiditeye neden olmakta ve vücut hücrelerine zarar verebilmektedir (Frankel, 1991).

Yağlardaki bozulmalar 4 ana gruba ayrılabilir.

**a) Hidroliz :** Serbest yağ asitleri ile gliserol oluşması sonucu gıda maddesinde sabunumsu bir yapı, tat ve koku oluşumu (Stuckey, 1972; Saldamlı, 1985; Dinçer, 1987).

**b) Ransidite (Acıma) :** Doymamış yağ asitlerinin otoksidasyonu sonucu acı tat oluşumu (Saldamlı, 1985; Dinçer, 1987).

**c) Tat değişimi (Deversion) :** Özellikle bitkisel yağlar, balık yağları ve diğer yüksek derecede doymamış yağ içeren gıdalarda linoleik asitlerin oksidasyonu ile oluşan tat değişikliği (Stuckey, 1972; Saldamlı, 1985).

**d) Polimerizasyon :** Doymamış yağlarda iki karbon atomu (C-C) arasındaki zincirin kopması, iki karbon arasında karşı bağ oluşması veya oksijen bağları oluşması sonucu meydana gelen tat değişikliğidir (Stuckey, 1972; Saldamlı, 1985).

Bilinen antioksidantlar oksidatif ransidite ve oksipolimerizasyon olayları sonucu meydana gelen bozuklukları önleyebildikleri halde hidroliz ve reversiyon için etkili değildir (Stuckey, 1972; Saldamlı, 1985; Dinçer, 1987).

Herhangi bir nedenle meydana gelen oksidasyon demir, bakır ve benzeri metal iyonları eşliğinde daha da fazla hız kazanacağından, sinerjistlerin de katkı maddesi olarak zincirde yer alması zorunlu olmaktadır. Üretim sırasında gıdaların temas ettiği metaller oksidasyon yolu ile meydana gelen tat ve koku bozukluklarını daha hissedilir hale getirmektedir (Riemenschneider, 1955; Saldamlı, 1985). Burada katalitik rol

oynayan fosforik asit, sitrik asit, askorbik asit vb. sinerjist maddeler kullanıldığı gibi paslanmaz çelik malzemelerin gıda sanayine girmesi de olumlu sonuçlar vermiştir.

## ANTIOKSİDANTLAR

Doğal antioksidantların gıda sanayiinde kullanımları çok eskilere dayanmakta yapay antioksidantların gıdalarda kullanılması ise yakın zamanlara rastlamaktadır. Örneğin ABD'de yağ içeren gıdaları muhafaza etmek için kullanılan antioksidantların geçmişi 1947 yıllarına uzanmaktadır. Bu amaçla kullanılan ilk antioksidant BHA olup bu dönemde oldukça başarılı uygulamalar yapılmıştır (Dziezak, 1986). Araştırmalar ve teknolojik alandaki uygulamalar, özellikle tütülikle yapılan toksikolojik denemeler bazı antioksidantların gıda, ilaç ve kozmetik gibi alanlara aktarılmasına yardımcı olmuştur. Bu maddeler, gıdalarda oksidatif yağ bozulmasını yavaşlatmakta ve böylece yağlar, karotenoidler, A ve E vitaminleri ile diğer bazı besin öğelerini hava oksijeninin bozucu etkisine karşı korumaktadır (Saldamlı, 1985).

Antioksidantlar, oksidasyonun radikal zincir mekanizmasında stabil ara ürünlerin oluşumunu sağlayan, yani zincir tepkimesini kırarak biçimde katılan maddelerdir (Sherwin, 1978; Saldamlı, 1985; Dziezak, 1986). Sinerjistler ise iki ya da daha çok maddenin birlikte etkileri ile elde edilen ve bu maddelerin tek tek etkilerinin toplamından daha yüksek toplam etkiyi oluşturan maddelerdir (Saldamlı, 1985). Antioksidantların inhibitör etkisi, antioksidant ile yağ zinciri arasında komplek bir reaksiyona ve serbest bir radikal ihtiva eden bir yağa hidrojen veya elektron bağışına atfedilir (Stuckey, 1972, Anon., 1991).

Antioksidantlar özellikle yağ ve yağlı gıdalarda mutlaka kullanılmalıdır. Etkili olabilmeleri için yağ ve yağlı gıdaların üretimi sırasında veya üretimden hemen sonra eklenmeli ve gerek bitkisel ve gerekse hayvansal yağlarda çok iyi karıştırılmalı, ürünün içine homojen bir şekilde dağıtılmalıdır. Kabul gören bir karıştırma tekniği 60-80 °C sıcaklıktaki yağ karışımına devamlı olarak orantılı bir şekilde antioksidantı ilave ederek karıştırmaktır. Bu sırada ürünün içine hava kaçırmamalı ve ürün sıcaklığının 140 °C'den yukarı çıkmamasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde antioksidantların etkisi azalmaktadır (Sonntag, 1979; Dinçer, 1987).

Antioksidantlar ne oksidasyon reaksiyonunu ters yöne çevirebilir ve nede hidrolitik ransiditeyi önlemede etkili olur. Yağların hidrolitik oksidasyonu enzim ile katalize edilir (Dziezak, 1986; Frankel, 1991). Yağlarda oksidasyonun başlamış olması konusunda bir tereddüt olduğunda, oksidasyon stabilitesi ölçümleri aktif oksijen metodu, thiobarbiturik asit testi, serbest yağ asitleri testi, peroksit değeri,

swift testi gibi analiz yöntemleri ile belirlenebilmektedir (Riemenschneider, 1955; Stuckey, 1972; Dinçer, 1987).

Bazı durumlarda oksidasyonu önlemek için bir tek antioksidant yeterli olmayabilir. Birbirleriyle uyumlu çeşitli antioksidant karışımları oluşturarak etki artırılmaktadır (Dziezak, 1986; Dinçer, 1987).

Direkt olarak gıda maddesine ilave edilen antioksidantların belli limitler içinde kullanılması zorunluluğu bulunmaktadır. Bir antioksidantın gıda maddesinde kullanılmadan önce sağlığa zararı olmadığı kesin olarak belirlenmiş olmalıdır. Bu da zor, uzun ve yorucu araştırmaları gerektiren bir iştir (Keskin, 1981).

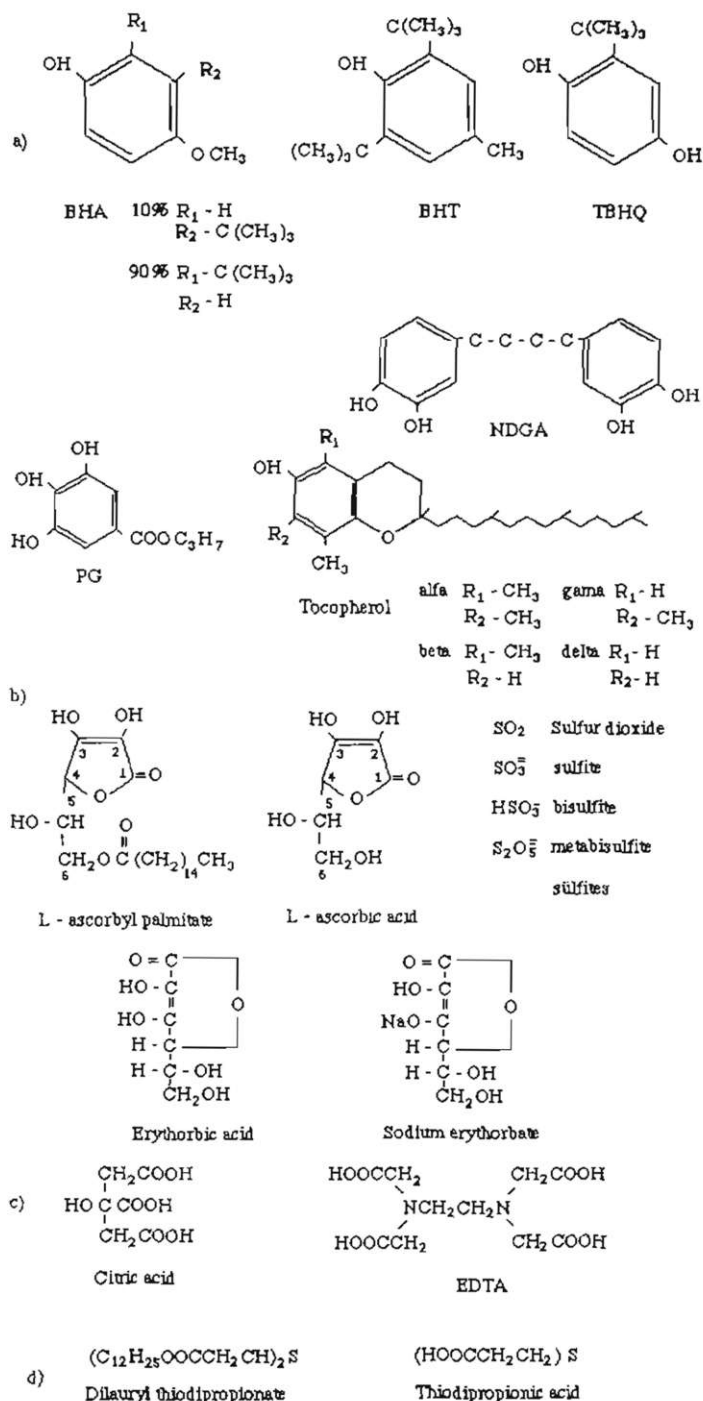
Son yıllarda dikkatler fenolik yapıdaki antioksidantların gıdalarda kalma miktarı üzerinde yoğunlaşmıştır. Bol miktar yağda kızartma işleminden sonra, yağda kalan antioksidant miktarı, orijinal substratın genellikle % 1-85'i kadar olmaktadır (Hamama ve Nawar, 1991). Ayrıca 185 °C'de 1 saat ısıtılardan sonra antioksidantların kaybı şu şekilde bulunmuştur. En stabil olandan başlayarak sırasıyla BHT, PG, BHA, TBHQ (stabilite değışmeyen % 73.6; 62.9; 57.2; 52.3). İyi bir antioksidant seçimi için şu noklar gözönünde bulundurulmalıdır (Stuckey, 1972; Keskin, 1981; Dziezak, 1986; Dinçer, 1987) : Ürünün su ve yağ fazında tamamen erimeli ve ürünün içine nüfuz etme gücü yüksek olmalı, uçuculuğu düşük olmalı, ürüne renk ve boya vermemeli, tatsız ve kokusuz olmalı, toksik ve cilde tesiri olmamalı, gıda ile tüketilmesinde sakınca olmamalı, küçük miktarlarda etkili olmalı, kolay elde edilebilmeli, ucuz olmalı ve gıda etiketine adı, miktarı ve ne için katıldığı yazılmalıdır.

#### **GIDA SANAYİNDE KULLANILAN ANTIOKSIDANT ÇEŞİTLERİ**

Gıda sanayiinde yaygın bir şekilde kullanılan antioksidantların kimyasal formülleri Şekil 1'de verilmiştir. Antioksidantlar ve sinerjistleri kimyasal özellik ve etki mekanizmalarına göre 4 temel gruba ayrılırlar. 1. Serbest-radikal ile bağlanıp kompleks oluşturanlar, 2. İndirgen özellik gösterenler, 3. Chelating (Çelat) ajanları, 4. İkincil derecedeki antioksidantlar

#### **Serbest Radikaller ile Kompleks Oluşturan Antioksidantlar**

a) **Butylated Hidroksianisol (BHA) ve Butylated Hidroksitoluen (BHT)** : Sentetik yolla elde edilen bu antioksidantlar önceleri petrol ürünlerinin oksidatif gelişmesini önlemek için kullanılmıştır (Dziezak, 1986; Hamama ve Nawar, 1991). Her iki prezervatifi de National Research Council Food Additive Committee'-



Şekil 1. Gıda Sanayiinde Kullanılan Antioksidantlar ve Sincirjstleri : a) Serbest-Radikal ile Bağlanıp Kompleks Yapanlar, b) İndirgenler, c) Çelating Ajanlar, d) İkincil Antioksidantlar

nin verilerine göre gıdalarda kullanımında 1970'den beri azalma olmasına rağmen, halen 23 büyük gıda kategorisinde en fazla kullanılan antioksidantlar olduğu bilinmektedir (Dziezak, 1986).

BHA kimyasal olarak iki izomerin karışımı olup (3-tertiary butyl-4-hidroksi-anisol ve 2-tertiary butyl-4-hidroksianisol) beyaz mumsu parçacıklar halindedir. BHT ise beyaz kristal görünümündedir (Riemenschneider, 1955; Keskin, 1981; Dziezak, 1986). Her iki bileşik de yağda tamamıyla eriyip suda erimez (Tablo 1). BHA'nın gıda içinde taşınması BHT'den daha iyidir (Dziezak, 1986; Dinçer, 1987). Genellikle gıdanın yağ muhtevasının ağırlığı üzerinden tek başına veya antioksidant karışımı olarak % 0.02 veya 200 ppm oranında kullanılır (Keskin, 1981; Dziezak, 1986; Hamama ve Nawar, 1991).

Uçuculuğundan dolayı BHA ve BHT ambalajlama materyallerine katılarak da kullanılabilir. Buradan gıdaya nüfuz ederler. Bu uygulamada; antioksidantlardan herbiri vaks yapımında vaksa direkt olarak ilave edilmekte veya bir emülsiyon gibi ambalajlama materyaline uygulanmaktadır (Dziezak, 1986; Elgün ve Ertugay, 1990). BHA hayvansal yağlara nazaran bitkisel yağların oksidasyonunu önlemede daha etkilidir. BHA özellikle uçucu yağların renk ve tat-kokularının korunmasında faydalıdır (Stuckey, 1972; Dziezak, 1986). Bilhassa kısa zincirli yağ asitlerinin oksidasyonunu (Hindistan cevizi ve palm çekirdeği yağları) kontrol etmede etkilidir. Genellikle tahıl ve konfeksineri ürünlerinde kullanılır. BHA ve BHT birlikte kullanıldıkları zaman sinerjist bir etkiden bahsedilmektedir. Fındık, ceviz gibi sert kabuklu ürünlerde oksidatif reaksiyonları engellemede bu antioksidant kombinasyonu çok iyi sonuç vermektedir (Dziezak, 1986).

Bu antioksidantların fazla tüketimi insanda aşırı hassasiyete ve alerjiye yol açabilmektedir. Günümüzde kanserojenik etkileri üzerinde de tartışmalar yapılmaktadır (Kahveci ve Bayındırlı, 1991). Vücut ağırlığı üzerinden günlük alınabilir miktarın 0.5 mg/kg olduğu, ancak FAO/WHO Birleşik Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Ekspertler Komitesi, BHT'nin sağlığa zararsız olduğu yeni bulgularla kesinleştirilinceye kadar bu miktarı geçici olarak kabul etmiştir (Saldamlı, 1985).

**b) Tertiary butylhidroquinone (TBHQ) :** Kızartmalık yağları oksidasyona karşı korumak için en iyi antioksidant olarak bilinmektedir. Kızartma işlemi bitmiş ürünleri de iyi bir şekilde korumaktadır (Buck, 1984; Dziezak, 1986; Dinçer, 1987). Bej renkli bir toz olan TBHQ, katı ve sıvı yağlarda erir (Tablo 1). Profil gallat (PG) gibi, demir ve bakır iyonları ile kompleksler meydana getirmez.



Buna rağmen, kızartma işleminde gıda içinde mükemmel şekilde taşınabilmektedir. Fırınlanmış ürünlerde iyi sonuç vermemektedir (Dziezak, 1986).

Tek başına veya BHA ve/veya BHT ile kombine olarak kullanımı daha uygundur. Kullanım sınırı yağ miktarı üzerinden en fazla % 0.02 veya 200 ppm'dir. PG ile birlikte kullanımı etkisini azalttığından tavsiye edilmez. Sitrik asit gibi bir çelât ile karıştırıldığında stabilize edici özellik kazanmaktadır (Dziezak, 1986; Dinçer, 1987).

TBHQ ve sitrik asit kombinasyonu, genellikle bitkisel yağlar shorteningler ve nisbeten de hayvansal yağlarda kullanılmaktadır. Fındık ürünleri ve şekerleme imalatçıları tarafından da fazlaca kullanılmaktadır (Dziezak, 1986).

**c) Gallik Asit Esterleri (Gallatlar) :** Gallik asidin en çok kullanılan esterleri propil galat (PG), oktil gallat, dodesil gallat ve lauril gallattır. Bunlar suda çözünmezler, yağda yalnız oktil ve dodesil gallatlar iyi çözünür (Saldamlı, 1985). PG piyasada beyaz kristal toz olarak bulunur ve suda çok az çözünür (Tablo 1). Erime noktası 148 °C olup bu derecenin üzerinde etkisini kaybeder. FDA'nın izniyle gıdalarda 1947'den beri kullanımı yaygın bir şekilde artmış sentetik bir antioksidanttır ve ticari olarak gallik asit ile propil alkolün esterifikasyonu ve takiben fazla alkolün distilasyonla uzaklaştırılmasıyla elde edilir (Keskin, 1981; Dziezak, 1986; Dinçer, 1987). PG özellikle hayvansal yağlar ve bitkisel sıvı yağların stabilizasyonunda fonksiyonerdir. Ancak bitkisel yağlarda TBHQ'dan daha az etkilidir. Özellikle demir iyonları ile koyu renkli kompleksler oluşturma özellikleri, yağda ve substratta istenmeyen mavi-siyah renk değişikliklerine neden olduğundan PG daima sitrik asit çelâtörü ile kullanılmaktadır. Sitrik asit, demir ve bakır iyonlarının kataliz ettiği prooksidatif reaksiyonları önleyebilmektedir. BHA ve BHT ile iyi sinerjist etki oluşturmaktadır. PG'in TBHQ ile beraber kullanımına izin verilmemektedir. FDA, gıdanın katı ve sıvı yağda, uçucu yağ içeriğinde toplam olarak en fazla % 0.02 oranında kullanımına izin vermektedir (Saldamlı, 1985; Dziezak, 1986). Çeşitli et ürünleri, taze veya dondurulmuş domuz ürünleri, sosis ve salamlar ve baharatlarda kullanılabilir (Dziezak, 1986). Gallatlar süttozuna katıldıkları gibi A vitamininin stabilizasyonunu sağlamak için de çeşitli gıdalara katılmaktadır. Gallatların kullanılmasında toplum sağlığı ve gıda hijyeni açısından olumsuz hiçbir bilgi ileri sürülmemektedir. FAO/WHO örgütünün ilgili komisyonu insan tarafından günlük tüketilme düzeyini 0.2 mg/kg olarak önermektedir (Saldamlı, 1985).

Tablo 1. Bazı Antioksidantların Çeşitli Bileşiklerde Çözünürlüğü.

Çözücü	Çözünürlük (23 °C'de % ağırlık / ağırlık)			
	BHT	BHA	TBHQ	PG
Su	Çözünmez	Çözünmez	< 1	< 1
Gliserol	Çözünmez	1	5 civarında	25
Propilenglikol	Çözünmez	70	30	55
Metil linolat	İyi çözünür	iyi çözünür	>10	1
Mısır yağı	40	30	10	Çözünmez
Domuz yağı	50	40	5	1

d) **Tokoferoller** : En yaygın ve en fazla bilinen doğal antioksidanttır. Alfa, beta, gama ve delta homologların bir karışımı olarak bitki dokularında her zaman bulunmaktadır (Riemenschneider, 1955; Stuckey, 1972; Sonntag, 1979; Keskin, 1981; Dinçer, 1987). Antioksidant etkileri deltadan alfaya azalırken vitamin E akitvitesi artmaktadır. Yani antioksidant etkileri vitamin E olarak etkileri ile ters gitmektedir (Sonntag, 1979; Keskin, 1981; Dziejak, 1986). Tokoferoller özellikle A vitamini, karotenoidler ve hayvansal yağlar için kuvvetli antioksidant olarak etkilidir (Cort, 1974; Dinçer, 1987). Doymamış bitkisel yağlar ile yapılarında fazla tokoferol bulunan maddelere fazla tokoferol ilavesi faydalı değildir. Kullanım miktarı % 0.01 ile 0.02 arasında değişmektedir. Isıya karşı hassas olup etkisini çabuk kaybeder (Dziejak, 1986). Bu nedenle ısı işlemlerden sonra gıdaya katılmaları gerekmektedir. Ayrıca ışıkta, karanlığa nazaran daha az etkilidir (Sonntag, 1979). Tokoferoller doğal olarak çeşitli ürünlerden destilasyonla ekstrakte edilebilir. Bununla birlikte ticari olarak piyasada bulunan tokoferollerin çoğu sentetiktir (Dziejak, 1986).

Alfa ve gama tokoferoller askorbil palmitat ile sinerjist etki gösterir (Dziejak, 1986; Dinçer, 1987). Tokoferoller gıda koruyucuları olarak GRAS listesindedir ve USDA tarafından hayvansal yağların oksidasyonunu kontrol etmek için onaylanmıştır (Dziejak, 1986). Tokoferoller hayvansal yağlarda düşük miktarda bulunmaktadır (5-30 mg/kg). Bu miktar tokoferol, optimal antioksidant etki gösteren miktarın yaklaşık 1/10'u kadardır (Saldamlı, 1985).

Buğday ve mısır embriyosu yağları, yüksek miktarda tokoferol içerdiği için antioksidatif etkilerinden yararlanılmaktadır. Ancak, duyuşal açıdan süt ürünlerini etkilediklerinden dolayı bu ürünlerde kullanılmazlar (Saldamlı, 1985).

e) **Nordihidroguayaret asidi (NDGA)** : NDGA, *Larrea divaricata* bitkisinden elde edilen doğal bir antioksidanttır. Ayrıca sentetik olarak da üretilebilmektedir. Fırın ürünleri, uçucu yağlar, domuz yağı ve balık yağlarında kullanılmaktadır. ABD'de, NDGA, limon asidi, tartarik asit, askorbik asit ve lesitin gibi maddelerle birlikte kullanılmaktadır. NDGA'nın bazı ülkelerde gıdalara kullanılmasına izin verilmemiştir (Keskin, 1981; Saldamlı, 1985).

f) **Aminoasitler, Peptidler, Proteinler** : Son yıllarda yapılan çeşitli araştırmalarda bazı aminoasitlerin antioksidant ve sinerjistik etki gösterdikleri belirlenmiştir. Örneğin margarinlerde, antioksidant, yağsız süt katılmasıyla sinerjistik olarak desteklenmiştir. Triptofan ve çeşitli peptidlerden oluşan antioksidant salam, sucuk ve süt ürünleri için önerilmektedir. Bazı süt ürünlerinde depolama sırasında süt yağının oksidasyona uğramasını önlemede etkili olan triptofan (% 0.20'lik) ve lizin önemli derecede antioksidatif etkisi olduğu belirlenmiştir. Bunlar, ürünün duyu özellikleri üzerinde de olumsuz etki göstermezler. Bazı araştırmacılara göre aminoasitlerin antioksidant özellikleri prolin, lizin, sistein, triptofan sırasını izlemekte ancak hiç biri BHA kadar etkili olamamaktadır (Saldamlı, 1985). Kazein-şeker karışımları ve kazeinin de antioksidatif etki gösterdiği belirtilmektedir (Mc Gookin ve Augustin, 1991).

Antioksidant etkiye sahip diğer doğal maddeler ise şöyle sıralanabilir :

- a) Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının ürünleri,
- b) Tütüsü bileşenleri,
- c) Flavon türevleri, bunlar Quercetin (*Quercus tinctoria* bitkisinin kabuklarından), rutin (bazı sitrus türlerinden) vb. maddeler,
- d) Guayak reçinesi,
- e) Bazı soya preparatları,
- f) Embriyosu çıkarılmış yulaf danelelerinden hazırlanmış bazı preparatlar,
- g) Bazı baharat ve rayihalı otlar (biberiye, adaçayı, anason, kişniş, dereotu, zencefil, merzengüş vb.) (Saldamlı, 1985).

Lesitin, katıldığı ürünlerde metaller ile kompleks oluşturarak onları inaktif hale getirdiğinden otoksidasyonu engelleyici olarak da görev yapmaktadır (Saldamlı, 1985). Ayrıca susam yağında bulunan sesamol, sesamin, sesamolin; pamuk yağında bulunan gossipol bitkisel yağlarda bulunan doğal antioksidantlardır. Gossipol zehirli bir maddedir ve tek başına antioksidant olarak kullanılamaz (Sonntag, 1979; Keskin, 1981).

### **İndirgen Özellik Gösterenler : Bağlayıcılar**

Antioksidantların oksidasyonu engelleyici etkileri, yalnız serbest radikallerin zincirleme oksidasyon reaksiyonunu durdurmak ile olmaz. Oksijen bağlayıcılar, hidrojen atomlarını oksijene transfer ederek, oksijenin oksitleyici etkisini kaldırır ve ransiditeyi geciktirirler (Dziezak, 1986). Esas antioksidantlara yardımcı maddelerdir. Renk bozulmalarını önlerler.

Askorbik asit (vitamin c), askorbil palmitat, erithorbik asit ve glukoz oksidaz gıda sistemlerinde oksijeni bağlayıcı etkisi ile oksidasyonu önleyici fonksiyon görürler (Anon., 1991).

a) Askorbik asit ve türevleri birçok gıda hammaddesinde yüksek oranda yaygın ve doğal olarak bulunan antioksidantur. Bu gruba askorbik asidin D ve L formları ve bunların palmitat, stearat, ve miristatları ile D-izo askorbik asit girmektedir. Bu bileşikler, yağ oksidasyonunda doğrudan antioksidant olarak etkili oldukları gibi normal olarak fenolik antioksidantları rejenere etmekte ve iz metalleri de bağlamaktadırlar. Bu bakımdan ilk planda sinerjist olarak kabul edilebilirler. Sentetik olarak da üretilen askorbik asidin miktar olarak yaklaşık yarısının gıda endüstrisinde kullanıldığı ve bu miktarın çok az bir kısmının beslenme amacı (C vitamini) ile büyük bir kısmının ise antioksidatif etkisi nedeni ile teknolojik yardımcı madde olarak tüketildiği bilinmektedir. Askorbik asit kimyasal koruyucu olarak GRAS listesindedir. Suda eriyen formları askorbik asit, sodyum askorbat ve yağda eriyen formu askorbil palmitat ve askorbil miristattır (Saldamlı, 1985; Dziezak, 1986; Özdalyan, 1991). Askorbik asit beyaz kristal tozdur. Tek başına gerçek bir antioksidant değildir, ancak diğer antioksidantlarla kullanıldığında onların etkisini artırır (Borenstein, 1972; Dinçer, 1987). Bu grubun yaygın olarak kullanıldığı gıda endüstrisi alanları şunlardır (Saldamlı, 1985; Dziezak, 1986) : Meyve suyu ve konsantratları ile meşrubatlarda ve karbonatlı içeceklerde (aromatize edici olarak, özellikle limon konsantratları için antioksidant ve besleyici niteliği nedeniyle) ; fırın ürünlerinde (hamur niteliğinin geliştirilmesinde); ayrıca kesilmiş ve soğukta saklanan şeftali gibi meyvelerin enzimatik esmerleşmelerini önlemek için) biracılıkta (1-6 mg/l) ve şarapçılıkta (50-70 mg/l) (stabilize edici ve koruyucu olarak); tereyağı teknolojisinde; Et, kür edilmiş et ürünleri ve balık ürünlerinde (etin doğal kırmızı renginin korunması ve geliştirilmesi için).

Ayrıca et mamülleri üretiminde antimikrobiyal bir madde olarak kullanılan nitrit ve nitratın etteki serbest amin bileşikleriyle birleşerek kanserojenik bir bileşik olan nitrozaminlerin oluşmalarının engellenebilmesi için askorbik asit ve sodyum

askorbat kullanılmaktadır. Bu antioksidantlar ortamdaki aminler ile nitrit ve nitratların reaksiyona girmelerini engellerler (Gökalp, 1985; Saldamlı, 1985; Özdalyan, 1991).

Uygun olmayan işleme ve depolama şartları ve substrattaki bakır gibi prooksidatif etkisi olan katalizörlerin fazla miktarda bulunması, askorbik asidin oksidasyonuna ve hidrojen peroksit oluşumuna yol açmaktadır. Bu durumda stabilizasyon yerine oksidasyonun hızlanması olayı ortaya çıkabilmektedir (Borenstein, 1972; Saldamlı, 1985). Bitkilerde doğal olarak bulunan askorbik asit antioksidant etkili bir çok madde tarafından korunmaktadır.

Askorbil palmitat, beyaz veya sarı kristal bir tozdur ve turunçgil kokusundadır (Dziezak, 1986; Dinçer, 1987). Kullanım oranı gıdanın yağ miktarının % 0.02'si olarak sınırlandırılmıştır. % 0.01 düzeyinde kullanıldığında bitkisel sıvı yağların raf ömrü artar. GRAS listesinde bulunan bir maddedir (Dziezak, 1986). Cort'a (1974) göre ransidite üzerine % 0.01'lik seviyesinin inhibitör etkisi, % 0.02'lik BHA ve BHT'den daha fazladır. Diğer antioksidantlarla birlikte uygun kullanımı bitkisel kızartmalık yağları stabilize etmektedir (Dziezak, 1986). Suda çok az çözünen bu madde (0.00018 g/100 ml), yağlarda biraz daha fazla çözünmekte (Hindistan cevizi yağı 0.12 g/100 ml, yerfıstığı, ayçiçek ve zeytin yağlarında 0.03 g/100 ml) ve etanolde ise oda sıcaklığında çok az çözünmektedir (12.5 g/100 ml). Yağ asitleri ile askorbik asidin esterifikasyonu onu daha az polar hale getirir ve yağda çözünme kabiliyetini artırır. Askorbil palmitat canlı sisteminde palmitik asit ve askorbik aside hidroliz olabilmektedir (Dziezak, 1986).

Askorbil palmitat antioksidant sistemleri bugün genellikle sitrik asit çelatörü ve çözünürlüğü artırıcı bir emülgatörü kapsamaktadır (Dziezak, 1986; Dinçer, 1987).

**b) Sülfidler :** Daha çok antimikrobiyal etkisi için kullanıldığı bilinen sülfidler (Dinçer, 1987; Gökalp ve Çakmakçı, 1991) antioksidant etkisi de vardır (Dziezak, 1986). Sülfidler olarak kükürtdioksit, sodyum sülfid, sodyum ve potasyum bisülfid ve metabisülfid kompleksleri çeşitli gıdalarda antioksidant olarak kullanılır. Örneğin, SO<sub>2</sub> biranın depolama sırasında aromasının bozulmasını önlemek için katılır. Zayıf antioksidantlardır. Bunlar enzimatik veya enzimatik olmayan renk değişimlerini önleyici özelliklere sahiptir (Dziezak, 1986; Dinçer, 1987; Gökalp ve Çakmakçı, 1991). Örneğin sülfid ajanları taze dilimlenmiş meyve ve sebzelerde renk dönüşümünü engellemek için kullanılır (Keskin, 1981; Dziezak, 1986). Oksijeni etkisiz hale getirerek antioksidant maddelere yardımcı olurlar. Son yıllarda GRAS olmaktan çıkarak sadece antimikrobiyal olarak kullanılabilir (Dziezak, 1986). İngiltere

gibi bazı ülkelerde ise kullanımları tamamen yasaklanmıştır. Sitrik, askorbik ve erithorbik asit bileşenleri bu alanda sülfid ajanlarının yerini almada en potansiyel bileşiklerdir (Dziezak, 1986).

c) **Glukoz oksidaz** : Pahalı olması nedeniyle fazla kullanım alanı bulamamış indirgen bir enzimdir. Ticari olarak *Aspergillus niger* 'den üretilmektedir. Özellikle yumurta ürünleri meyve suları, kolalı ve meyveli meşrubatlarda renk bozulmalarını önlemek için % 0.1 oranında kullanılabilir. pH 2.5-7.0 değerlerinde ve 0-50 °C sıcaklıklarda etkilidir (Dziezak, 1986; Dinçer, 1987).

d) **Erithorbik asit ve tuzu (sodyum-erythorbat)** : Normal şartlara göre asitli ortamlarda etkilidir. Elma, deniz ürünleri, sebze ve salatalarda kararırma ve oksidatif ransiditeyi önlemek için kullanılmaktadır. 150-200 ppm aralığında kullanıldığında dondurulmuş meyvelerde oksidasyonu önleyebilir (Saldamlı, 1985; Dziezak, 1986; Dinçer, 1987). Gıda koruyucusu olarak GRAS listesindedir. Erithorbik asidin sitrit asit ile kullanımı sülfidlere karşı bir alternatif olarak ileri sürülmektedir (Dziezak, 1986).

#### **Chelating (Çelat) Ajanları (Sequesterants)**

Çelat ajanları gerçekte antioksidant değildirler. Ancak gıdanın stabilitesinde önemli rol oynarlar. Sekuesteran veya diğer adıyla "çelat" yapan maddelerin özelliği ortamda iz miktarda bulunan demir ve bakır gibi prooksidant metallerle kompleks oluşturarak onların katalitik etkisini engellemek ve böylece ürünün bazı özelliklerinin stabil hale dönüşmesinde rol oynayarak onların renk, aroma ve yapısını kararlı hale getirmektir (Saldamlı, 1985; Dziezak, 1986). Çelatlar antioksidant maddelerin işlevlerini olumlu yönde etkilediklerinden sinerjist maddelerdendir.

Başlıca çelatlar sitrik asit ve tuzları, fosfatlar ve etilendiamintetraasetikasit (EDTA) tir. Bu maddelerin sağlığa hiçbir olumsuz etkileri yoktur (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Dziezak, 1986).

a) **Sitrik asit** : En yaygın ve etkili bir çelat olup GRAS listesindedir. Geniş bir kullanım alanı vardır. Antioksidantlarla birlikte kullanıldığında onların etkisini artırır. 100-200 ppm oranında kullanılan bir antioksidanta % 0.1-0.3 oranında katılabilir. Deniz ürünlerinde askorbik asit ile sinerjist etki oluşturarak enzimleri etkisiz hale getirip oksidasyonu önler. Sinerjist kombinasyonunda her iki asidin

kullanım konsantrasyonu azaltılır (Dziezat, 1986; Dinçer, 1987). Meyve ve sebzelerde erithorbik asit veya sodyum erithorbat ile birlikte sitrit asit kullanıldığında renk ve aroma kaybı önlenir. Sitrik asit diğer antioksidantlarla birlikte kullanıldığında kuru sucuklarda (% 0.003), taze domuz eti ve sosislerde (% 0.01) ve kurutulmuş etlerde (% 0.1) oksidatif ransiditeyi önlemektedir. Katı ve sıvı yağlar ve yağ içeren gıdalarda % 0.005-0.02 oranında kullanıldığında metal iyonlarını bağlamaktadır (Dziezak, 1986).

**b) Polifosfatlar :** Fosforik asit türevleridir. pH yükseldikçe özelliklerini kaybederler. Kısa zincirli polifosfatlar-sodyum asit pyrofosfat ve sodyum tripolifosfat- daha etkilidir. Özellikle hayvansal yağlarda kullanılır. Bitkisel shorteninglerde oksidatif ransidite için önceden tedbir almada fosforik asit diğer antioksidantlara sinerjist etki yapar (Monsanto, 1985).

**c) Etilendiamintetraasetik asit (EDTA) :** Kalsiyum disodyum EDTA ve disodyum EDTA genellikle demir, bakır ve kalsiyumun etkilerini yok eder. Özellikle yüksek pH'da etkilidir. Aslında antioksidant değildir ancak antioksidantlarla birlikte kullanılarak etkisini artırır (Dziezak, 1986; Dinçer, 1987). Beyaz ve sarı renkli sebze konservelerinde, ortamda iz halinde bulunan Cu, Fe ve Cr'un meydana getirdiği gri renk oluşması sterilizasyondan önce ortama 50-100 ppm düzeyinde Na<sub>2</sub>EDTA ilavesi ile önlenebilmektedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

**İkincil (Sekonder) Antioksidantlar :** Tiodipropiyonik asit (TDPA) ve dilauriltiodipropiyonat (DLTDP). Bunlar lipid oksidasyonu sırasında hidrojen peroksidi dekompoze ederek antioksidant maddelere yardımcı olurlar (Dziezak, 1986).

Bunların dışından oksidatif etkisi olan ancak toksikolojik veya bazı teknik nedenlerle gıda sanayiinde önemli olmayan pek çok madde de bilinmektedir. Bunlar tiyürik asit, difenil-p-fenilendiamin (DPPD) ve 2, 4, 5 trihidroksi bütirofenon (THBP) vb. maddelerdir (Keskin, 1981; Saldamlı, 1985).

Paketleme materyalleri için kullanılan antioksidantlar BHA, BHT, DLTDP, Distearil tiyodipropiyonat (DSTDP), Gam guayak, NDGA, PG, Tiodipropiyonik asit ve THBP'dir (Stuckey, 1972; Saldamlı, 1985).

Tablo 2. Türk Gıda Kodeksi Maddeleri Yönetmeliğinde Çeşitli Gıdalara Katılabilecek Antioksidant Sinerjistleri ve Antioksidant Sinerjistleri ve Katılım Oranları (1).

E.C.	Maddenin Adı Sinonimi	Kullanılacak Madde	Maksimum Kullanım Miktarı	Açıklama
E.306	Doğal ve Sentetik Alfa Tokoferol ve Tokoferol Karışımları	Raçine Zeytinyağı Kau ve Sıvı Bitkisel Yağlar, Margarınlar, Mayonez, Çikletler, Soslar, Alkolüzsüz İçecekler	200 mg/kg UTG (GMP) (3)	
E.300	Askorbik Asit (L- Askorbik Asit)	Meyve Konserveleri Eknek Sofralık Zeytinler Reşel, Jöle, Marmelatlar Kakaolu Maddeler Mantar Ürünleri, İçecek Tozları, Mumlar Konserveleri, Margarınlar, Alkolüzsüz İçecekler Et Ürünleri Bisküvi, Gofret, Kek, Kurabiye, Pasta vb. Kaçap ve Soslar, Şekerlemelet	550 mg/kg 75 mg/kg 200 mg/kg 500 mg/kg 300 mg/kg UTG (GMP) 500 mg/kg 100 mg/kg UTG (GMP)	Tek başına veya izoaskorbik asit ve bunların tuzları ile kombinasyon halinde askorbik asit üzerinden hesaplanacak
E.304	Askorbil Palmitat ve Askorbil stearat	Kau ve Sıvı Bitkisel Yağlar, Margarınlar, Soslar	200 mg/kg	Tek başına veya karışım halinde
E.320	Bütillendirilmiş Hidroksi Anisol BHA)	Et Suyu Tabletleri Kau ve Sıvı Bitkisel Yağlar Margarınlar, Badem Ezmesi vb. Bisküvi, Gofret, Kek, Kurabiye, Pasta vb. Patates cipsi, Çerezler, Et Suyu ve ekstraktı içeren kuru hazır çorbalıklar Çikletler	50 mg/kg 100 mg/kg 100 mg/kg 50 mg/kg 750 mg/kg	Yağdan gelen, tek başına veya BHT veya gallatlarla karışım halinde Tek başına veya BHT veya gallatlarla karışım halinde yağ bazında Tek başına veya BHT ya da gallatlarla karışım halinde yağ bazında Tek başına veya BHT ya da gallatlarla karışım halinde yağ bazında (şekerli için çok 300 mg/kg).
E.321	Bütillendirilmiş Hidroksi Toluen (BHT)	Kau ve Sıvı Bitkisel Yağlar, Margarınlar, Kakaolu Maddeler, Bisküvi, Gofret, Kek, Kurabiye, Pasta vb. Hazır çorbalar Çerezler, Et Suyu Tabletleri, Patates cipsi	100 mg/kg 750 mg/kg 100 mg/kg 50 mg/kg	Tek başına veya BHA ya da gallatlarla karışım halinde yağ bazında Tek başına BHA ya da gallatlarla karışım halinde yağ bazında (şekerli için çok 300 mg/kg) Et içerenler için toplam 100 mg/kg ve yağ içerenler için toplam 100 mg/kg Tek başına veya BHA ya da gallatlarla karışım halinde yağ bazında



E.C.	Maddenin Adı Siroininin	Kullanılacak Madde	Maksimum Kullanım Miktarı	Açıklama
E.312	Gallatlar Dodeseil Gallat	Katı ve Sıvı Bitkisel Yağlar Margarinler Çikletler	100 mg/kg 100 mg/kg 750 mg/kg	Tek başına veya propil ve oktil gallatlarla birlikte Tek başına veya gallatlarla BHT, BHA ile karışım halinde Tek başına veya gallatlarla BHT, BHA ile karışım halinde şekerli çikletler için en çok 300 mg/kg
E.311	Oktil Gallat	Katı ve Sıvı Bitkisel Yağlar Çikletler	100 mg/kg 750 mg/kg	Tek başına veya propil, dodeseil gallatlarla karışım halinde Tek başına veya Gallatlarla BHT, BHA ile karışım halinde, şekerli çikletler için en çok 300 mg/kg
E.310	Propil Gallat	Katı ve Sıvı Bitkisel Yağlar Margarinler Çikletler	100 mg/kg 100 mg/kg 750 mg/kg	Tek başına veya diğer gallatlarla birlikte Tek başına veya gallatlarla BHT, BHA ile karışım halinde Tek başına veya gallatlarla BHT, BHA ile karışım halinde, şekerli çikletler için en çok 300 mg/kg. Yağdan gelen
	İso Askorbik Asit ve Sodyum İso Askorbat (Syn. Erythorbik Asit ve Erythorbate)	Meyve Konserveleri Sofralık zeytinler, Et Ürünleri, Dondurulmuş Balıklar, Keçap ve Soslar, Reçel, Jöle ve Mamelemler, Alkolsüz İçecekler	500 mg/kg UTG (GMP)	
	Monoglisericid sitrat	Katı ve Sıvı Bitkisel Yağlar	100 mg/kg	
E.301	Sodyum Askorbat (Syn. Sodium -L- Askorbate)	Et Ürünleri Dondurulmuş Su Ürünleri Et Ürünleri	500 mg/kg 1 g/kg 500 mg/kg	Tek başına veya asit, isoaskorbik ve isoaskorbatlarla beraber askorbik asit üzerinden hesap edilerek Asit üzerinde hesap edilerek Tek başına veya asit, isoaskorbik ve isoaskorbatlarla beraber
E.331	Sodyum Sitrat	Katı ve sıvı bitkisel yağlar, margarinler, içecek tozları Dondurulmuş Su Ürünleri	100 mg/kg 1 g/kg	Askorbik asit üzerinden hesap edilerek Asit üzerinden hesap edilerek
E.330	Sitrik Asit	Katı ve Sıvı Bitkisel Yağlar, Margarinler Bisküvi, Gofret, Kek, Kurabiye, Pasta vb. Tahin Helvası, Et Ürünleri, İçecek tozları Sıvı Yağlar Margarinler	UTG (GMP) 200 mg/kg 100 mg/kg	Propil gallat ile birlikte kullanılmaz

## SONUÇ

Antioksidantlar gıdalarda serbest radikallerin zincirleme reaksiyonlara girmesini engelleyerek istenmeyen yan ürünler ve yeni serbest radikallerin oluşumunu ve gıdanın bozulmasını önleyen maddelerdir. Özellikle yağ ve yağlı gıda maddelerine, oksidasyon başlamadan önce katılan bir antioksidant veya antioksidant karışımı ürünün kalitesini korumakta ve oksidasyonu geciktirerek raf ömrünü uzatmakta etkili olmaktadır. Ancak bu özellik kaliteli hammadde, uygun işleme teknolojisi, uygun ambalajlama ve depolama şartları sağlanarak üretilen ürün ile mümkündür. Ülkemizde, yeniden düzenlenerek 7 Haziran 1990 tarih ve 20541 sayılı resmi gazetede yayınlanan Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde (Anon., 1990) kullanımına izin verilen antioksidantlar (Tablo 2) teknolojisinin gerektirdiği miktarlarda kullanılarak üründe kalitenin korunması, raf ömrünün arttırılması ve ekonomik yararlar sağlanması gerekmektedir. Aksi takdirde son ürün kalitesi ve tüketici sağlığı riske girebilir.

## KAYNAKLAR

- Anonymous, 1990. Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği T.C. Resmi Gazete, Sayı 20541, 7 Haziran.
- Anonymous, 1991. The Secrets of Shelflife (Ingredient Technology). Dairy Foods. 92 (12) : 59-60.
- Borenstein, B., 1972. Vitamins and Amino Acids. Ch. 3. In. "CRC Handbook of Food Additives " Second Ed. T.E. Furia (Ed.), P 85. The Chemical Rubber Co., Cleveland, Ohio, USA.
- Buck, D.F., 1984. Food Antioxidants-Application and Uses in Snack Foods. Cereal Foods World 29 (5) : 301-303.
- Cemeroğlu, B., J. Acar, 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No : 6, Ankara.
- Cort, W.M., 1974. Antioxidant Activity of Tocopherols, Askorbyl Palmitate, and Ascorbic Acid and Their Mode of Action. JAOCs 51 (7) : 321-325.
- Dinçer, A., 1987. Gıdalarda Kullanılan Antioksidantlar ve Fonksiyonları. Gıda Sanayii 1 : 40-42.
- Dzięzak, J.D., 1986. Antioxidants. Food Technol. 40 (9) : 94-102.
- Elgün, A., Z. Erutay, 1990. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ofset Tesisi, Erzurum.

- Frankel, E.N., 1991. Recent Advances in Lipid Oxidation. *J. Sci. Food Agric.* 54 (4) : 495-511.
- Gökalp, H.Y., 1985. Et Ürünlerine Katılan Nitrat, Nitrit Miktarının Azaltılması, N-Nitrosamin Oluşum Reaksiyonlarının Engellenmesi ve Gıdalarda N-Nitrosaminlerin Saptanması. *Gıda* 10 (3) : 161-167.
- Gökalp, H.Y., S. Çakmakçı, 1991. Gıda Sanayiinde Antimikrobiyal Maddeler ve Kullanımları. *Araştırma Derg.* 3 (33) : 27-32.
- Hamama, A.A., W.W. Nawar, 1991. Thermal Decomposition of Some Phenolic Antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* 39 (6) : 1063-1069.
- Kahveci, A., L. Bayındırlı, 1991. Gıda Katkı Maddelerinin Güvenilirliği ve Tabiiilik. *Araştırma Derg.* 3 (32) : 21-25.
- Keskin, H., 1981. Besin Kimyası. I. Cilt (4. Baskı). Fatih Yayınevi ve Matbaası, İstanbul.
- Mc Gookin, B.J., M.A. Augustin, 1991. Antioxidant Activity of Casein and Maillard Reaction Products From Casein-Sugar Mixtures. *J. Dairy Res.* 58 (3) : 313-320.
- Monsanto, Co., 1985. Food Phosphates. Publ. FI-85 11-LT. Nutrition Chemicals Div., St. Louis, Mo.
- Özdalyan, B., 1991. Doğal Antioksidant Vitamiüler. *Gıda Sanayii* 5 (3) : 27.
- Riemenschneider, R.W., 1955. Oxidative Rancidity and Antioxidants. *Handbook of Food and Agriculture*. F.C. Blanck (Ed.), Reinhold Publishing Corporation New York. Chapman Hall Ltd. London.
- Saldamlı, İ., 1985. Gıda Katkı Maddeleri ve İngrediyenler. Hacettepe Üniv. Müh. Fak. Gıda Müh. Böl. Ankara.
- Sherwin, E.R., 1978. Oxidation and Antioxidants in Fat and Oil Processing *JAOC* 55 (11) : 809-814.
- Sonntag, N.O.V., 1979. *Bailey's Industrial Oil and Fat and Products*. Vol. 1, 4 th ed. D. Swern (Ed), A Wiley Interscience Publication, John Wiley Sons. New York. Chichester Brisbane, Toronto.
- Stuckey, B.N., 1972. Antioxidants as Food Stabilizers. Ch. 3. In "CRC Handbook of Food Additives." Second ed. T.E. Furia (Ed), P 115, The Chemical Rubber Co., Cleveland, Ohio, USA.
- Ünsal, M., H.Y., Gökalp, S. Nas, 1992. Yemeklik Yağlarda Oksidasyon; Önemi ve Kimyasal Mekanizması. *Standart ve Ekonomik Derg.* 31 (367) : 50-54.