

## Et Kalitesi Üzerine Diyetle Alınan E Vitamininin Etkileri

Sibel Konyaloğlu

Ege Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Biyokimya A.D. Bornova-İzmir

**Özet:** Lipit oksidasyonu et ve et ürünlerinde bozulmalara neden olan en önemli faktörlerden biridir. Kalitedeki bozulmalar tat, doku, toksik maddelerin oluşumuyla besleyici değerlerdeki değişimler olarak kendini gösterebilir. Diyete vitamin E eklenmesi ile et ve et ürünlerinde lipit oksidasyon düzeylerinin azaldığı gösterilmiştir. Bu derleme, domuz, tavuk ve sığır etlerinde vitamin E'nin dağılımı ve antioksidatif etkisi ile diyetlerine eklenmiş vitamin E'nin, etin lipit oksidasyona, rengine, su bağlama kapasitesine ve kolesterol oksidasyonuna etkileri üzerine odaklanmıştır. Ayrıca, etin içerdiği E vitamini ile işleme, paketleme ve depolama şartları arasındaki etkileşimler göz önüne alınmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Et kalitesi, E vitamini, lipit peroksidasyon, antioksidanlar.

### Effects of Dietary Vitamin E on the Meat Quality

**Abstract:** Lipid oxidation is one of the primary processes of quality deterioration in meat and meat products. The deteriorates in quality are manifested by adverse changes in flavour, colour, texture, and nutritive value and also by the possible production of toxic compounds. Dietary supplementation of vitamin E has been found to be effective in reducing lipid oxidation in meat and meat products. This review has been focused on the deposition and antioxidative effects of muscle vitamin E and how supranutritional vitamin E supplementation influences lipid oxidation, colour, water-holding capacity and cholesterol oxidation in pig, poultry and beef meat. Furthermore, the interactions between muscle vitamin E with processing, packaging and storage conditions are taken into consideration.

**Key words:** Meat quality, vitamin E, lipid peroxidation, antioxidants.

### Giriş

Et; zengin protein, esansiyel mineraller ve iz elementler ile birlikte B vitamini kaynağı olarak da günlük beslenme içinde önemli yer tutmaktadır. (Buckley ve ark., 1995). Et kalitesine ait temel kriterleri ortaya koymaya çalışan bir çok bilimsel çalışma; tat, doku, besleyici değer, dayanıklılık, özel talepleri karşılama, tüketici memnuniyeti gibi birçok özellik bildirmektedir (Gray ve ark., 1996; Dufrasne ve ark., 2000). Örneğin Smulders ve Van Laack et kalitesi kriterlerini; hijyen (çürütücü ve patojenik mikroorganizmalar ile pH,  $a_w$ , Eh gibi intrinsik faktörler), gıda fizyolojisi (besleyici değer, kimyasal yapı vb.), teknoloji (işleme yöntemleri) ve fiziksel özellikler (renk, tat, su bağlama kapasitesi) gibi 4 ana başlık altında sınıflandırmıştır (Sahoo ve ark., 1999). Yine benzer bir çalışma bu temel kriterleri renk, tat, içerdiği ya da bağladığı su oranı, mikroorganizmalardan kaynaklanan problemler, katkı maddeleri ve rezidüel (kalıntı) ile insan beslenmesine katkıları genel başlıkları altında toplamaktadır (Gray ve ark., 1996). Günümüzde tüketiciler, gıdaların doğal yollarla korunmasını, kimyasal koruyucu ya da kalıntı olmaksızın daha fazla besinsel değere sahip olmasını talep etmektedirler. Et ve et ürünlerinin bu kabul edilebilir kalite kriterlerini sınırlayan ve günümüzde büyük

ilgi toplayan ana faktörlerden birisi de lipit oksidasyonudur (Sahoo ve ark., 1999). Daha az doymuş yağ asidi içeren gıdalara karşı gelişen eğilim, ön pişirmeli veya yapılarında değişiklik yapılmış (yağ içeriği açısından) et ürünlerine talebi arttırmaktadır. Ancak etin işlenmesi, depolanması ve dağıtımı esnasında bu tip gıdaların tat değişimi ile birlikte lipit oksidasyonu daha büyük önem kazanmıştır ( Buckley ve ark., 1995; Sahoo ve ark.,1999).

### **Et Lipit Oksidasyonu**

Et lipit oksidasyonunun, subselüler membranların yapısında bulunan yüksek oranda doymamış fosfolipit fraksiyonunda olduğu gösterilmiştir (Gray ve Pearson, 1987). Hayvan kesiminden hemen sonra ve kesimin daha ileriki aşamalarında biyokimyasal değişimler ile birlikte kas metabolizması da değişmektedir. Kasdaki değişimler prooksidatif faktör/antioksidatif kapasite dengesinin oksidasyon yönüne kayması ve lipit peroksidasyonun başlamasına neden olmaktadır (Buckley ve ark., 1995; Gray ve ark., 1996; Dufresne ve ark., 2000). Et biyokimyasının değişimi aslında pek çok metabolik olayı başlatan, kan akımının kesilmesinin direkt bir sonucudur. Hayvan kesiminin erken dönemlerinde normal metabolik aktivite belli bir süre devam etmektedir, ancak kan akımının kesilmesi, glikojen yıkımının son atık ürünü olan laktik asidi dokularda biriktirir. Bu birikim, doğal olan nötral pH değerine sahip dokuyu hafif asidik hale sokar (yaklaşık pH=5.5). Aslında kesimin erken dönemlerinde, antioksidan savunma sistemleri (süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz, serüloplazmin, transferrin gibi) canlı hayvan hücrelerinde olduğu gibi aktivite göstermektedirler. Özellikle retinol, C vitamini, Mn<sup>++</sup> ve Se gibi iz elementler eklenmiş bir diyetle beslenen hayvanlarda, antioksidan kapasite oldukça yüksek bulunmuş ve doğal olarak da elde edilen et ve et ürünlerinde düşük lipit peroksid düzeyleri gösterilmiştir (Buckley ve ark., 1995).

Et oksidasyon oranının, stres gibi kesim öncesi olaylardan ve pH değişikliği, vücut sıcaklığı, elektriksel uyarımlar gibi kesim sonrası fiziksel koşullardan etkilendiği bilinmektedir (Gray ve ark., 1996). Ayrıca etin kıyım haline getirilmesi, et yapısında değişiklik yapılması ve pişirme esnasında kas membranlarının bütünlüğünün bozulduğu bilinmektedir. Membran yapısındaki bu bozulmalar, polidoymamış yağ asitleri ile prooksidanların temasını kolaylaştırarak serbest radikallerin oluşumunu ve oksidatif reaksiyonun yayılmasını hızlandırır (Aşghar ve ark., 1988, Dufresne ve ark., 2000).

Etdeki pigment oksidasyonu ile lipit oksidasyonu arasında pozitif bir korelasyon gösterilmiştir. Ancak, bu ilişkinin mekanizması tam olarak bilinmemektedir (Liu ve ark.,1995) Et renginin soluklaşmasının nedeninin, lipit oksidasyonu sırasında üretilen radikallerce pigment-indirgeme sistemlerine hasar verilmesi sonucu okside pigment oluşumunun artması olduğu bildirilmektedir (Gray ve ark., 1996). Renk, tat ve doku değişimlerine ek olarak, doymamış lipitler ve kolesterolün otooksidasyonu ile potansiyel olarak toksik madde birikimi de ortaya konmuştur (Buckley ve ark., 1995).

Herhangi bir işlem görmemiş et, pişirilerek saklandığı zaman, bozulma çok hızlı meydana gelmektedir. "Isıtma sonrası tat bozulması" terimi ilk kez Tims ve Watts tarafından 1958 yılında sunulmuştur. Bu terim, pişmiş etin buzdolabında 48 saat gibi kısa bir süre içerisinde oksidasyona maruz kaldığını ifade etmektedir. Bu kimyasal reaksiyonlar pişmiş sığır eti ve et suyunda arzu edilmeyen katon ve boya tadı oluşumuna neden olmaktadır (Gray ve ark., 1996; Jensen ve ark., 1998).

Lipit oksidasyonunun primer başlangıç ürünleri olan hidroperoksitler aslen kokusuzdur, fakat daha sonra ikincil ürünlere parçalanırlar. Hidrokarbonlar, süstitütie furanlar ve alkoller tat değişiminde en çok rol alan gruplardır ve bu kimyasal gruplar oksidasyona uğrayarak etin istenen lezzetinin kaybına katkıda bulunurlar (Gray ve ark., 1996).

Pişmiş et ürünlerinin tat değişimine etki eden lipit oksidasyonu ve Maillard reaksiyonları arasındaki etkileşimler olduğu belirtilmiştir. Etdeki lipit ve Maillard reaktanları arasındaki etkileşimin önemi, et aromasının oluşumunda triaçilgliserol ve yapısal fosfolipidlerin rolünü araştıran bir çalışma ile başlamıştır (Gray ve ark., 1996). Buna göre bu tat değişimine neden olan kimyasal reaksiyon basamakları aşağıda özetlenmiştir:

- Protein yapısındaki sistein amino asidinin amino grubu ile lipitlerden gelen karbonil grubu arasındaki etkileşim (Strecker yıkılımı).
- Fosfatidiletanolamindeki amino gruplarının şeker ile derive olmuş karbonil grupları arasındaki etkileşim
- Yukarıda sayılan reaksiyonlarda (Maillard) üretilen ürünler ile okside lipitlerden kaynaklanan serbest radikallerin etkileşimi
- Sonuçta oluşan hidroksi (-OH) veya karbonil (-COOH) lipit oksidasyon ürünlerinin serbest hidrojen sülfid ile etkileşimi.

### **Et Sistemlerinde Lipit Oksidasyon Katalizörleri**

Lipit oksidasyonunu başlatan süreçler hakkında hala bazı belirsizlikler vardır. Fakat moleküler oksijen ile doymamış yağ asitlerinin direkt etkileşimi veya spontane lipit radikal oluşumu termodinamik olarak mümkün gözükmemektedir. Tek değerlikli doymamış yağ asidi molekülüne üç değerlikli oksijenin direkt olarak bağlanmasını önleyen spin sınırlaması, fotooksidasyon, hidrojenperoksit, süperoksit anyonu, hidroksil radikali, oksijen-demir kompleksleri (feril radikal) ve hidroperoksitlerin kırılması sonucu oluşan organik serbest radikaller gibi aktif oksijen türlerini içeren çeşitli mekanizmalar ile aşılır (Hsieh ve Kinsella 1989). Biyolojik sistemlerde başta demir olmak üzere, tüm geçiş metallerinin varlığında lipit oksidasyonun serbest oksijen radikallerinin oluşumunu kolaylaştırdığı ileri sürülmüştür (Gutteridge ve ark., 1990). Ayrıca metaller lipithidroperoksitlerinin kırılmasını katalizleyerek de lipit oksidasyonun hızlı bir şekilde yayılmasına neden olurlar (Hsieh ve Kinsella, 1989).

Kaslar serbest amino asitler, adenozin difosfat ve pirofosfat gibi küçük moleküller ile birlikte şelat yapmış mikromolar düzeyde demir içeren depolara sahiptir (Dunford, 1987). Bu düşük moleküler ağırlıklı ve de suda çözünen demir iyonlarının biyolojik dokulardaki lipit oksidasyonundan sorumlu olduğu ileri sürülmüştür (Halliwell ve Gutteridge, 1986). Ek olarak, vücut demirinin 2/3'si hemoglobinde olmak üzere, miyoglobinde, taşıyıcı protein transferrinde ve çeşitli demir içeren enzimlerde demir bulunmaktadır. Ayrıca bir kısım demir ise, hücre içi depo proteinlerinden ferritin ve hemosiderinde toplanmıştır. Sadece serbest olan demir iyonları kas lipit peroksidasyonundan sorumlu olduğu (Buckley ve ark., 1995) görüşünün aksine, hemoglobin ve miyoglobin gibi yüksek moleküler ağırlıklı demir kaynaklarının da direkt lipit oksidasyonunu katalizlediği ileri sürülmektedir (Harel ve Kanner, 1993). Ancak lipit oksidasyonunu katalizleyen demirin farklı şekillerinin bu olaya katılım oranları tam olarak açıklanamamaktadır.

Etdeki lipit oksidasyonuna ait bilgilerin çoğu hidroperoksite bağlı lipit oksidasyonudur. Saf lipit hidroperoksidleri fizyolojik sıcaklıkta tamamen stabildir. Fakat geçiş metal komplekslerinin özellikle demir tuzlarının varlığında, hızlı bir şekilde dekompoze olmaktadır. Ferro iyonu, lipit oksidasyonunun yayılışı için çok aktif alkoksi radikalleri şekline O-O bağlarının oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Gray ve ark., 1996).

### **Et Lipid Oksidasyonunu İnhibe Eden Maddeler**

Bu konuda yapılan birçok çalışma sonunda, et ve et ürünlerinin lipit oksidasyonun kontrol altına alınması veya en azından minimum düzeye çekilmesi için antioksidan maddeler kullanılması tavsiye edilmektedir (Buckley ve ark., 1995; Gray ve ark., 1996). Lipit oksidasyonunu inhibe eden antioksidanlar; nitrit (Morissey ve ark., 1985), metal şelatlayıcı ajanlar (Sato ve Hegarty, 1971) ve sentetik antioksidanlar (Crackel ve Tchivangana, 1988) olarak sayılabilir. Son yıllarda gıdalara sentetik antioksidanların kullanımı yerine doğal antioksidanların katılması benimsenmektedir. Günümüzde E vitamini, askorbik asit,  $\beta$ -karoten, glutatyon, karnozin, homokarnozin ve anserin gibi doğal olan antioksidan maddelere ilgi artmıştır (Burton ve ark., 1985; Kohen ve ark., 1988).

### **E Vitamini Diyetle Alınımı**

E vitamini biyolojik sistemlerde yağda çözünen bir antioksidandır ve hücre membranlarında lipit peroksidasyon zincirini kırarak, lipit hidroperoksidlerinin oluşumunu önler. "E Vitamini" terimi kalitatif olarak  $\alpha$ -tokoferolün biyolojik aktivitesini gösteren tokol ve tokotrienol deriveleri için genel bir isim olarak kullanılmaktadır. Hayvan rasyonlarına eklenen E vitamininin en yaygın ticari şekli  $\alpha$ -tokoferilin asetat esterleridir. Ancak, gastrointestinal kanalda deesterifiye edilinceye kadar bir antioksidan gibi fonksiyon göstermemektedir (Buckley ve ark., 1995). E vitamini hayvan organizmalarında sentez edilemediğinden, hayvan dokularındaki E vitamininin varlığı sadece diyetle aldıkları miktarı yansıtmaktadır. E vitamininin yağda

çözünebilirlik özelliği yüzünden bu vitamininin absorpsiyonu hayvanların sindirdikleri yağ oranı ile ilişkilidir (Jenson ve ark., 1998).

### **E Vitamininin Dokulara Dağılımı**

Diyetle alınmış E vitamininin dokulardaki dağılımının farklı oluşu, bu dokuların farklı metabolik aktivitelerine bağlanmıştır. Domuzlarda yapılan bir çalışmada, diyetlerine 200 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg verildikten sonra vitaminin çeşitli dokulara dağılımı incelenmiştir. En yüksek E vitamini düzeyi böbrek yağı ve iç yüzeye bakan subkutan yağlarda, bunu takiben subkutan yağların dış kısmında (deriye bakan), karaciğer, akciğer, kalp ve böbreklerde bulunmuştur. En düşük düzeyler ise hemen hemen eski düzeylerini sürdüren kas ve beyin olarak bulunmuştur (Morrissey ve Tchivangana, 1985). Bunun gibi tavuk dokularında  $\alpha$ -tokoferol düzeylerinin E vitamini alınımına cevabı aşağıdaki sıralamayı izlemektedir: kalp  $\approx$  akciğer > karaciğer > uyluk (but) > beyin'dir (Shehy ve ark., 1991; Buckley ve ark., 1995).

Kas düzeyinde E vitamini birikiminin kas tipine özgü olduğu bildirilmiştir (Arnold ve ark., 1993; Chan ve ark., 1996; Jensen ve ark., 1998). Diyetlerine 160 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg verilen sağlıklı domuzlarda kas tiplerine göre vitamin E'nin dağılımı ölçülmüştür. Tip I fiberlerine sahip kas kütlelerinin tip IIa ve b'ye göre daha yüksek E vitamini düzeyine sahip olduğu gösterilmiştir. Bireysel olarak, tip I fiberlerinde vitamin E oranının yüksek olması, kontraktil aktiviteden kaynaklanan oksidatif hasarın önlenmesine katkıda bulunduğunu düşündürmektedir. Yine de her bir fiber tipi için spesifik E vitamini düzeylerini belirlemeye ihtiyaç vardır (Jensen ve ark., 1998).

Domuzlar (Asgar ve ark., 1991; Monahan ve ark., 1993), tavuklar (Asgar ve ark., 1990, Lauridsen ve ark., 1997) ve boğalar (Arnold ve ark., 1993) üzerindeki çalışmalar diyet ile alınan E vitamininin kas membranlarının  $\alpha$ -tokoferol içeriklerini anlamlı bir şekilde arttırdığını göstermiştir. Kasa  $\alpha$ -tokoferolün *post mortem* koşullarda verilmesi lipit oksidasyonun başladığı membranlara direkt bir şekilde inkorpore olamadığı için etkili bulunmamıştır (Mitsumoto ve ark., 1993; Schaefer ve ark., 1995). Mitokondri ve mikrozomlarda daha yüksek konsantrasyonlarda bulunan  $\alpha$ -tokoferol kas hücrelerinin stabilitesini etkileyen lipit oksidasyonuna karşı hücreyi korur. Yemlerine  $\alpha$ -tokoferil asetat eklenmiş tavukların koyu renkli kas hücrelerinin mikrozomal fraksiyonlarındaki  $\alpha$ -tokoferolün artışı beyaz renkli kas hücrelerine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Tavukların hem but hem de akciğerlerindeki mitokondri ve mikrozomlarındaki  $\alpha$ -tokoferil asetat konsantrasyonları anlamlı bir şekilde artmıştır. Ancak akciğerdeki düzeyi butdaki düzeyinden daha düşüktür. Membranal dokunun lipit içeriğindeki farklılıklar,  $\alpha$ -tokoferolün farklı oranda depolanma nedenini açıklamaktadır. Ayrıca koyu renkli kaslar beyaz renkli kaslar ile mukayese edildiğinde koyu renkli kaslarda daha çok sayıda subselüler komponent vardır. Bu da akciğerlerde niçin daha az E vitamini depolandığını açıklamaktadır (Lauridsen ve ark., 1997).

## E Vitamini ve Lipit Oksidasyonu

Etdeki lipit oksidasyonunun varlığı ve düzeyinin dokulardaki  $\alpha$ -tokoferol düzeyi ile ilişkili olduğu ileri sürülmüştür. Normal şartlarda optimum hayvan performansı için rasyonlarına eklenen E vitamini miktarı domuzlarda 15-40 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg, tavuklarda 15-20 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg ve hindilerde 20-40 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg'dır. Birçok çalışma,  $\alpha$ -tokoferol uygulanmasının et kalitesini düzelttiğini ve depolanma süresince oksidatif stabiliteyi koruduğunu ortaya koymaktadır (Buckley ve ark., 1995). Hücre içine girmiş  $\alpha$ -tokoferol depolanma veya pişirilme süresince yıkılma uğramaz ve endojen  $\alpha$ -tokoferolün koruyucu etkisi et ve et ürünlerinin depolanma ve işlenmesi süresince devam eder (Miller ve ark., 1994; King ve ark., 1995; Leonhardt ve ark., 1996).

Tiyobarbitürik asit reaktif maddelerin tayini (TBARS) etde kötü lezzet gelişiminin bir göstergesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Buna göre çiğ domuz etinde kötü tat oluşum sınırı TBARS sayısının 0.50 mg malondialdehid ekivalanı (MDAeq.)/kg olarak belirlenmiştir. Domuzların diyetlerine 0-10 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg verildiği zaman buzdolabı koşullarında 6 gün depolanması sonucu 0.50 MDA eq./kg TBARS sayısına ulaşılmaktadır (Asgar ve ark., 1991; Monahan ve ark., 1994). Vitamin E düzeyinin 200 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg'a kadar artırılması TBARS sayısının 0.50'nin altında tutulmasını sağlamıştır.

Et örneklerinin ışığa maruz bırakılması sonucu lipit oksidasyonunun arttığı bilinmektedir. Fakat bu zararlı etkinin E vitamini verilmiş domuzlarda azaldığı gösterilmiştir. Buna göre, ışığa maruz bırakılmış ve E vitamini verilmemiş domuzların etinden yapılan ve kıyma, buzdolabında 6 gün saklanan kıymada TBARS değerleri 0.42 MDA eq./kg ulaşmış, 200 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg E vitamini verilen ve ışığa maruz bırakılmış domuzlardaki TBARS değerleri ise %50 azalarak 0.21 MDA eq./kg olarak bulunmuştur (Buckley ve ark., 1995). Bu deneyler endojen tokoferolün, fluoresans ışık ile indüklenen oksidatif yolları baskıladığını ortaya koymaktadır.

Dondurulmuş etlerde uzun süreli raf ömrü için lipit oksidasyon oranı önemli bir etmendir. E vitamini eklenmiş ve -20°C de 13-16 hafta saklanan domuz kıymasındaki TBARS değeri 0.50 MDA eq./kg düzeyin altında kalmıştır. Benzer sonuçlar dondurulmuş tavuk etleri içinde gösterilmiştir (Lin ve ark., 1989; King ve ark., 1995; Bartov ve ark., 1996; Wen ve ark., 1996).

## E Vitamini ve Et Rengi

Eterde parlak bir kırmızı renk tazeliğın göstergesi olarak tüketici tarafından tercih edilmektedir. Et renginde soluklaşma, hem pigment oksidasyonu hem de metmiyogloblin içindeki enzimatik indirgen özellikteki tepkimeleri katalizleyen enzimlerin oksijen tüketimi ile ilgilidir. E vitamininin renk stabilitesini düzenlediği tamamen açıklığa kavuşmamıştır, fakat taze etde lipit oksidasyonu ile açık bir şekilde ilişkilidir (Buckley ve ark., 1995). Azalmış miyogloblin oksidasyonu yüksek oranda E

vitamini içeren hayvan dokularında da gözlenmiştir (Monahan ve ark., 1994). Daha sonraki çalışmalar, diyete eklenen  $\alpha$ -tokoferil asetatın lipit oksidasyonunu ve metmiyogloblin düzeylerini etkili bir şekilde kontrol ettiğini göstermişlerdir (Buckley ve ark., 1995).

Yüzey kırmızılığının bir değeri olarak bilinen Hunter 'a' değerleri rasyonlarına 200, 100 ve 10 (bazal diyet) mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg eklenen domuzlarda kıyaslandığı zaman en anlamlı değer 200 mg/kg'lık grupta bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Asghar ve ark., 1991).

TBARS değerleri ile Hunter 'a' değerlerinin rasyonun  $\alpha$ -tokoferil asetat düzeyleri tarafından anlamlı bir şekilde etkilendiği bildirmiştir. Buna göre 200 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg alan domuzlardan elde edilen kıyma,  $-20^{\circ}\text{C}$  de 4 ay saklanmış, 10 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg alan domuzlardan elde edilen kıyma, 2, 4, 6, 8 gün buzdolabında bekletilmiş ve sonuç olarak, ilk grupta elde edilen Hunter 'a' değerleri ikinci gruba nazaran daha yüksek olarak bulunmuştur (Monahan ve ark., 1992).

### **E Vitamini ve Taze Etlerde Su Tutma Kapasitesi**

Et endüstrisinde su tutma kapasitesi önemli kalite faktörlerinden birisidir. Bu faktörün normal sınırlar içerisinde tutulması için kas hücre membranlarının bütünlüğünün bozulmaması gerekir. (Jensen ve ark., 1998). Biyolojik membranlar, hem hayvansal hem de bitkisel orjinli gıdaların kalitesini etkileyebilecek değişikliklere karşı önemli bir engel olarak iş görmektedir. Membran fosfolipitlerinin oksidasyona uğraması sonucu, membran akıcılığı, yapısı ve fonksiyonları bozulduğu uzun yıllardan beri bilinmektedir (Dobretsov ve ark., 1977).

Kas hücrelerinin membran bütünlüğü kaybolursa hücre içindeki sıvı hücre dışına çıkar (Stanley ve ark., 1991). Diyetlerine 10, 100, 200 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg ile eklenmiş domuzlardan elde edilen kıymalar su tutma kapasitesi yönünden mukayese edildiğinde, 200 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg eklenmiş grubun daha düşük oranda su kaybına uğradığı gösterilmiştir ( $p<0.05$ ).  $\alpha$ -Tokoferol, saklama süresince membranda bulunan fosfolipitlerin oksidasyonunu önleyerek kas hücre membranının bütünlüğünü koruyabilir ve böylece hücre membranından sarkoplazmik sıvının akışı önlenmiş olur (Asghar ve ark., 1991).

### **E Vitamini ve Kolesterol Oksidasyonu**

Araştırmacılar, kolesterolün serbest radikallerce otooksidasyona uğratılmasının oldukça yavaş olduğunu ortaya koymuşlardır. Hücre membranının lipit çift tabakasının integral kısmında fonksiyon gösteren kolesterol, hücre membranı içinde ve yakınlarında meydana gelen oksidan ajanların başlıca hedefi olan membran fosfolipidleri ile birlikte bulunur. Bu yüzden kolesterolün oksidasyonu subselüler düzeyde gerçekleşebilir. Kolesterolün okside olması halinde, ortamda modifiye olmuş düşük dansiteli lipoproteinler (LDL) birikmekte ve bu birikim sitotoksik ve aterojenik etkiler oluşturmaktadır. Bu nedenle, son zamanlarda kolesterol oksidasyon ürünlerinin yüksek düzeylerinin olası toksik etkileri incelenmeye başlanmıştır (Buckley ve ark., 1995).

Kolesterol oksidasyon ürünleri (COP), et ürünlerinin hazırlanma basamaklarında da tesbit edilmişlerdir. Daha sonraki çalışmalar özellikle pişmiş ve buzdolabında saklanan etlerde COP düzeylerinin daha da yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Jensen ve ark., 1998). Başka bir çalışmada, diyetle alınmış  $\alpha$ -tokoferil asetatın kolesterol oksidasyonu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneyde 80-90 günlük, ortalama 30 kg ağırlığında Yorkshire Londrace domuzları kullanılmıştır. Bu hayvanlar %3 oranında taze mısır yağı ile birlikte 10, 100, 200 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg içeren üç ayrı diyetin uygulandığı deney gruplarına ayrılmışlardır. Bu hayvanlardan elde edilen etlerde kolesterol oksidasyon ürünleri olan 5 $\beta$ , 6 $\beta$ -epoksikolestan-3 $\beta$ -ol ( $\beta$ -epoksit), kolest-5-en-3 $\beta$ ,7 $\beta$ diol (7 $\beta$ -OH) ve 7-oksokolest-5-en-3 $\beta$ -ol (7-keto) düzeyleri ölçülmüştür. Sonra etler pişirilip, 2 gün +4°C de saklandıktan sonra,  $\beta$ -epoksit, 7 $\beta$ -OH ve 7-keto düzeyleri ölçülmüştür. Sonuç olarak, 100, 200 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg verilen grupta, bazal diyetle beslenen gruba kıyasla, daha düşük COP düzeylerine rastlanmıştır. Ayrıca TBARS sayıları daha düşük bulunmuştur. Bunlara ek olarak TBARS sayıları ile COP oluşumu arasında doğrusal bir ilişki de ortaya konmuştur. Pişmiş domuz etlerinin 4 gün buzdolabında saklanmasından sonraki total COP düzeyleri ve TBARS sayıları arasında anlamlı bir korelasyon ( $r = 0.88$ ,  $p < 0.01$ ) gösterilmiştir. Bu veriler, hayvanlarda kolesterol oksidasyon oranının pişirmeyi takip eden saklama boyunca büyük oranda arttığını ortaya koymaktadır.  $\alpha$ -Tokoferolün lipit oksidasyonunu azalttığı gibi kolesterol oksidasyonu üzerinde de inhibitör etkili olduğu söylenebilir (Monahan ve ark., 1992; Dufrasne ve ark., 2000).

### **Et Ürünlerinin Kalitesinde E Vitamini**

Dondurulmuş çiğ et genelde oksidatif olarak stabildir ancak çekilmiş kıyma, pişirme, tuz ekleme ve buzdolabında saklama gibi işlemler sonunda, oksidasyon artmakta ve raf ömürlerini kısaltmaktadır. Aslında E vitamini eklenmiş domuz ve tavuk kıymalarında anlamlı bir şekilde lipit oksidasyonun azalmasına (Buckley ve ark., 1995; Andersen ve ark., 1990; Asghar ve ark., 1991) karşın oksidasyonun kısmen devam ettiği saptanmıştır (King ve ark., 1995; Wen ve ark., 1996). Özellikle oksijene geçirgen materyal ile paketleme bu durumu daha da hızlandırmaktadır. Et ve et ürünlerine tuz eklenmesi lipit oksidasyonunu artırır (Buckley ve ark., 1995). fakat diyetle alınan E vitamininin domuz, tavuk (Asghar ve ark., 1991; King ve ark., 1995; Wen ve ark., 1996) ve sığırlardan (Dufrasne ve ark., 2000) elde edilen kıymasında tuzun etkisini azalttığı gösterilmiştir.

Et ve et ürünlerini inert gaz altında vakumla paketleyerek oksijenle temasını minimuma indirmek suretiyle lipit oksidasyonu azaltılabilir. E vitamini eklenmemiş, oksijene geçirgen bir materyal ile paketlenmiş ve buzdolabında 10 gün saklanmış olan domuz etinde TBARS sayısı 1.98mg MDA eq./kg'a ulaşmıştır. Aynı örnekte vakumla paketleme sonucunda TBARS sayısı 0.438 mg MDA eq./kg düzeyinde bulunmuştur. Kesimden 7 gün önce hayvan başına 800 mg  $\alpha$ -tokoferil asetat/kg verilen, vakumla oksijen geçirmeyen bir paketleme sonrası 8 hafta buzdolabında saklanan etlerde TBARS sayısı 0.303 mg MDA eq./kg düzeyine ancak çıkmıştır. Benzer bilgiler, hindiler

üzerinde yapılan bir çalışmada da gösterilmiştir (Jensen ve ark., 1998, Dufrasne ve ark., 2000). Sonuç olarak et ve et ürünleri anlamlı endojen E vitamini düzeylerine sahip olmalarına rağmen ve oksijensiz ortamda vakumla paketlenmeleri halinde bile lipit oksidasyonu hala devam etmektedir.

### **Ön-Pişirmeli Hazır Yemeklerin Buzdolabında Saklanması**

Son zamanlarda ön pişirmeli veya buzdolabında yemeğe hazır gıdalara olan ilgi oldukça artmıştır (Mielche ve Bertelsen, 1994). Bu ürünlerde ısıtma sonrası hızlı bir şekilde gelişen ekşimiş bir tat kaliteyi bozmaktadır. Genel olarak, ısıtma sonrası tat değişiminden hücre membranlarında yüksek oranda bulunan doymamış fosfolipidlerin oksidasyonu sorumlu tutulmaktadır. Bu tip et ürünlerinde kolesterol oksidasyon ürünlerinin de oldukça yüksek oranda bulunduğu gösterilmiştir. Bu yüzden et endüstrisi, lipit ve kolesterol oksidasyonunu geciktirme konusuna büyük önem vermektedir. Çok sayıda çalışma ön-pişirmeli ürünlere (domuz, sığır ve tavuk) vitamin E'nin eklenmesinin oksidatif bozulmaları önlediğini göstermiştir. Ön-pişirmeli et ürünlerindeki TBARS sayısının 1 mg MDA eq./kg sınırında tutulması gerektiği öne sürülmüştür (Boles ve Paradish, 1990; Cannon ve ark., 1995; Dufrasne ve ark., 2000). Diyetlerine E vitamini eklenmiş ve oksijene geçirgen bir materyal ile paketlenmiş tavuk ve domuz ürünlerindeki TBARS sayıları, çiğ bir şekilde saklanmış ete kıyasla oldukça düşüktür (Asghar ve ark., 1990; Monahan ve ark., 1994; Jensen ve ark., 1998), ancak TBARS sayısı kısa bir saklama periyodundan sonra kritik değere ulaşır. Kıyma haline getirilmiş etlerin pişirilmesi esnasında miyoglobinden katalitik olarak aktif demir salınır. Bu oksidatif hasarı daha da hızlandırmaktadır (Mielche ve Bertelsen, 1994; Dufrasne ve ark., 2000). Koyu renk kas içeren gıdaların "hem" oranı daha fazla olduğu için oksidasyona daha yatkın oldukları düşünülebilir. Bu yüzden endojen E vitamini düzeylerinin daha yüksek tutulması gerekmektedir (Jensen ve ark., 1998).

Oksijensiz atmosferde ön-pişirmeli et ürünlerinin paketlenmesi oksidatif stabiliteyi artırıcı bir etki yaratır ve vakumlu paketleme ile diyet E vitamininin kombinasyonu ise buzdolabında saklama esnasında TBARS sayılarında anlamlı azalma yaratır (Cannon ve ark., 1995). Vakumla paketlenmiş ve E vitamini eklenmiş kıyma ve kavurmalarda buzdolabında 56 gün saklandıktan sonra yine de TBARS düzeyleri kritik değerin altında bulunmuştur, ayrıca kavurmalarda meydana gelen tat bozulması en az düzeye inmiştir. Buzdolabında saklanan ön-pişirmeli et ürünlerinin vakumla paketlenmesi ve E vitamininin eklenmesi lipit ve kolesterol oksidasyonunu en aza indirgeyen uygun yaklaşımlardır (Dufrasne ve ark., 2000).

### **Konserve Et Ürünleri**

Son zamanlarda EU'da konserve et ürünlerinde yüksek oranda nitrit kullanımına mücadele edilmektedir (Jensen ve ark., 1998). Bu ürünlerde meydana gelen N-nitrozamin oluşumunu azaltmak amacıyla *in vitro* E vitamini eklenmesi tavsiye edilmektedir (Andersen ve ark., 1990). Çünkü, endojen E vitamini düzeylerinin artması, nitrozaminlerin oluşumunu engelleyememektedir. Diyetel E vitamini ve konserve ürün

kalitesi üzerinde çok az araştırma vardır (Buckley ve ark., 1995; Walsh ve ark., 1995). *In vitro* E vitamininin hindi konservelerine eklenmesi sonucu et renginin düzeldiği ve lipit oksidasyonunun azaldığı bildirilmiştir (Walsh ve ark., 1995; Mercier ve ark., 2001).

### Sonuç

Lipit oksidasyonu ile birlikte et ve et ürünlerinde ekşimiş bir tat, kötü koku, kırmızı etlerde bozulmuş ve soluklaşmış bir renk, düşük su tutma kapasitesi ile besinsel kalitede bir azalma ortaya çıkar. Hayvanların günlük diyetlerine eklenen  $\alpha$ - tokoferil asetat kaslarda birikir ve doymamış yağ asitleri ile kolesterolü oksidatif zararlara karşı korur. Bu etki subselüler membranların yapısına E vitaminin girişinden kaynaklanmaktadır. Özellikle hayvanların diyetlerine E vitaminin eklenmesi, tüketici tarafından talep edilecek et kalite kriterlerinin korunması açısından önemlidir.

### Kaynaklar

- Andersen, H.A., Bertelsen, G. and Skibsted, L.H. 1990. Colour and Colour Stability of Hot Processed frozen Minced Beef. Results from Chemical Model Experiments Tested Under Storage Conditions. *Meat Sci.* 28:87-97.
- Arnold, R.N., Arp, S.C., Scheller, K.K., Williams, S.N., and Schaefer, D.M. 1993. Tissue Equilibration and subcellular Distribution of Vitamin E Relative to Myoglobin and Lipid Oxidation in Displayed Beef. *J. Anim. Sci.* 71:105-118.
- Asghar, A., Gray, J.I., Buckley, D.J., Pearson, A.M., and Booren, A.M. 1988. Perspectives in warmed-over flavour. *Food Technol.* 42(6): 102-110.
- Asghar, A., Gray, J.I., Miller, E.R., Ku, P.K., Pearson, A.M., Booren, A.M. and Buckley, D.J. 1991. Influence of supranutritional vitamin E supplementation in the feed on swine growth, performance and deposition in different tissues. *J. Sci. Food Agric.* 57:19-25.
- Asghar, A., Lin, C., Gray, J.I., Buckley, D.J. and Booren, A.M. 1990. Effects of Dietary oils and  $\alpha$ -Tocopherol Supplementation on Membranal Lipid Oxidation in Broiler. *Meat. J. Food Sci.*55:46-50.
- Bartov, I. And Kaner, J. 1996. Effect of High Levels of Dietary Iron , Iron injection and Dietary Vitamin E on the Oxidative Stability of Turkey During Storage. *Poult Sci.* 75:1039-1046.
- Boles, J.A. and Paradish, M. 1990. Sensory and Chemical Characteristics of Precooked Micr-Wave Heated Roasts. *J. Food Sci.* 55:618-620.
- Buckley, D.J., Gray, J.I., Asghar, A., Price, J.F., Crackel, R.L. 1989. Effects of Dietary Antioxidants and Oxidized Oil on Membranal Lipid Stability and pork Product Quality. *J. Food Sci.* 54:1193-1197.
- Buckley, D.J., Morissey, P.A., Gray, J.I. 1995. Influence of Dietary Vitamin E on the Oxidative Stability and Quality of Pig Meat. *J. Anim. Sci.* 73:3122-3130.
- Burton, G.W., Foster, B., Perly, B., Slater, T.F., Smith, I.C.P. and Ingold, K.U. 1985. Biological antioxidants. *Philos. Tran. R. Soc. Lond. Ser. B. Biol. Sci.* 311:565-570.
- Cannon, J.E., Morgan, J.B., Schmidt, G.R., Delmore, R.I., Sofos, J.N. 1995. Vacuum-Packaged Precooked pork from Hogs Fed Supplemental Vitamin E: Chemical Shelf Life and Sensory Properties. *J. Food Sci.* 60:1179-1182.
- Chan, W.K.M., Hakkarainen, K., Faustman, C., Schaefer, D.M., Scheller, K.K. 1996. Dietary Vitamin E Effect on color Stability and Sensory Assessment of Spoilage in the three Beef

- Muscles. *Meat Sci.* 42:387-399.
- Crackel, R.L., Gray, J.I., Booren, A.M., Pearson, A.M. and Buckley, D.J. 1988. Effect of antioxidants on lipid stability of restructured beef steak. *J. Food Sci.* 53: 656-670.
- Dobretsov, G.E.T.A., Borschevskya, V.A., Petrov, V.A., 1977. The increase of phospholipid bilayer rigidity after lipid peroxidation. *FeBS lett.* 84:125-137.
- Dufasne, I., Marche, C., Clinquart, A., Hornick, J.L. 2000 Effects of dietary vitamin E supplementation on performance and meat characteristics in fattening bulls from the Belgian Blue breed. *Livestock Produc. Sci.* 65:197-201.
- Dunford, H.B. 1987. Free radicals iron-containing systems. *Free Radical Biol. And Med.* 3:405-410.
- Gray, J.I., Gomaa, E.A., Buckley, D.J. 1996. Oxidative Quality and Shelf Life of Mets. *Meat Sci.* 43:S111-S123.
- Gray, J.I., Pearson, A.M. 1987. Rancidity and warmed-over flavour. *Adv. Meat Res.* 3:221-227.
- Gutteridge, J.M.C. and Halliwell, B. 1990. Inhibition of iron-catalysed formation of hidroxy radicals from superoxide and of lipid peroxidation by desferrioxamine. *Biochem. J.* 184:469-480.
- Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C. 1986 Oxygen freeradicals and iron in relation to biology and medicine. Some problems and concepts. *Arch. Biochem. Biophys.* 246:501-510.
- Harel, S., Kanner, T. 1993. Muscle membranal lipid peroxidation initiated by Hidrogen peroxide-activated metmyoglobin. *J. Agric. Food Chem.* 33:1188-1195.
- Hsieh, R.J. and Kinsella, J.E. 1989. Oxidation of polyunsaturated fatty acids: Mechaniss, products and inhibition with emphasis on fish. *Adv. Food Nutr. Res.* 33:233-238.
- Jensen, C., Lauridsen, C., Bertelsen, G. 1998. Dietary vitamin E: Quality and storage of pork and poultry. *J. Food Sci. Technol.* 9:62-72.
- King, A.J., Uijttenboogaart, T.G. and Vries, A.W. 1995.  $\alpha$ -Tocopherol,  $\beta$ -Carotene and Ascorbic Acid as Antioxidants in Stored Poultry Muscle. *J. Food Sci.* 60:1009-1012.
- Kohen, R., Yamamoto Y., Lundy, K.C., Ames, B.N. 1988 Antioxidant activity of carnosine, homocarnosine and anserine present in muscle and brain. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA* 85:3175-3180.
- Lauridsen, C., Buckley, D.J. and Morrissey, P.A. 1997. İnfluence of dietary Fat and Vitamin E Supplementation on  $\alpha$ -Tocopherol levels and Fatty acids Profiles in Chicken Muscle Membranal Fractions and on Susceptibility to lipid peroxidation. *Meat Sci.* 46:9-22.
- Leonhardt, M., Gebert, S. and Wenk, C. 1996. Stability of  $\alpha$ -tocopherol, Thiamine, Riboflavin and Retinol in Pork Muscle and Liver during Heating as Affected by Dietary Supplementation. *Food Sci.* 61:1048-1051.
- Liu, Q., Lanari, M.C., and Schaefer, D.M., 1995. A review of dietary vitamin E Supplementation for improvement of beef quality. *J. Anim. Sci.* 73:3131-3150.
- Lynch, A., Kerry, J.P., O'Sullivan, M.G., Lawlor, J.B.P., Buckley, D.J., Morrissey, P.A. 2000. Distribution of  $\alpha$ -Tocopherol, in beef muscles following dietary  $\alpha$ -Tocopheryl acetate supplementation. *Meat Sci.* 56:211-214.
- Mercier, Y., Gatellier, P., Vincent, A., Renner, M., 2001. Lipid and protein oxidation in microsomal fraction from turkeys: influence of dietary fat and vitamin E supplementation. *Meat Sci.* 58:125-134.
- Mielche, M.M. and Bertelsen, G., 1994. Approaches to Prevent Warmed Over Flavour in Trends. *Food Techol.* 5:322-327.

- Miller, D.K., Gomaz-Basauri, J.V., Smith, V.L. 1994. Dietary iron in Swine rations affects nonheme and TBARS in Pork skeletal musceles. *J. Food Sci.* 59:747-750.
- Mitsumoto, M., Arnold, R.N. and Cassens, R.G. 1993. Dietary versus post mortem supplementation vitamin E on pigment and lipid stability of beef. *J. Anim. Sci.* 71:1812-1816.
- Morrissey , P.A. and Tchivangana, J.Z. 1985. The antioxidant activities of nitrite and nitrosylmyoglobin in cooked meats. *Meat Sci.* 14:175-183.
- Monahan, F.J., Buckley, D.J., Morrissey , P.A., Gray, J.I. 1992. Influence of dietary fat and  $\alpha$ -tocopherol supplementation in lipid oxidation in pork. *Meat Sci.* 31:229-239.
- Monahan, F.J., Crackel, R.L., Gray, J.I., Buckley, D.J. and Morrissey , P.A. 1993. Catalysis of lipid Oxidation in muscle model systems by haem and inorganic iron. *Meat Sci.* 35:95-100.
- Monahan, F.J., Gray, J.I., Asghar, A., Buckley, D.J. and Morrissey , P.A. 1994. Influence of diet on lipid oxidation and membrane structure in porcine muscle microsomes. *J. Agric. Food Chem.* 42:599-610.
- Sahoo, J. and Verma, S.P. 1999. Oxidative problems in meat and meat products and use of antioxidant vitamins. *J. Food Sci. Technol.* 36(6):487-499.
- Sato, K. and Hegarty, G.R. 1971. Warmed-over flavour in cooked meats. *J. Food Sci.* 56:356-360.
- Schaefer, D.M., Liu, Q, Faustman, C. and Yin, M.C. 1995. Supranutritional Administration of Vitamins E and C Improves Oxidative Stability of Beef. *J. Nutr.* 125:1792-1798.
- Shehy, P.J.A., Morrissey , P.A. and Flynn, A. 1991. Influence of Dietary  $\alpha$ -tocopherol on Tocopherol Concentrations in Chick Tissues. *Brit. Poult. Sci.* 32:391-397.
- Stanley, D.W. 1991 Biological membrane deterioration and associated quality losses in food tissues. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 30:487-495.
- Walsh, M., Buckley, D.J. and Ahrendt, E. 1995. Effect of Vitamin E on the Stability of Turkey Ham in Irish. *J. Agric. Food Res.* 34:206-215.
- Wen, J., Morrissey , P.A., Buckley, D.J., Shehy, P.J.A. 1996. Oxidative Stability and  $\alpha$ -tocopherol retention in Turkey Burgers During Refrigerated and Frozen Storage as Influenced by Dietary  $\alpha$ -tocopherol Acetat. *Brit. Poult. Sci.* 37, 787-795.