TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PİLİÇ KARKASLARINDA TİYOBARBİTURİK ASİT DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

Oğuzhan KARAKULAK

BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Özlem KÜPLÜLÜ

2011- ANKARA

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PİLİÇ KARKASLARINDA TİYOBARBİTURİK ASİT DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

Oğuzhan KARAKULAK

BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Özlem KÜPLÜLÜ

2011- ANKARA

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Yüksek Lisans Programı

çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından
Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi : 29.09.2011

Prof. Dr. Belgin SARIMEHMETOĞLU
Ankara Üniversitesi Veteriner Fak.
Jüri Başkanı

Prof. Dr. T.Haluk ÇELİK
Ankara Üniv.Veteriner Fakültesi

Prof. Dr. Ayhan FİLAZİ
Ankara Üniv. Veteriner Fakültesi

Prof. Dr. Özlem KÜPLÜLÜ
Ankara Üniv. Veteriner Fakültesi

Prof. Dr. Haydar ÖZDEMİR
Ankara Üniv. Veteriner Fakültesi

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay	ii
İçindekiler	iii
Önsöz	v
Simgeler ve Kısaltmalar	vi
Şekiller	viii
Tablolar	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Lipid Oksidasyonu Oluşum Mekanizması	3
1.2. Lipid Oksidasyonu Sonucu Oluşan Ürünler	5
1.2.1. Hidroperoksitlerin Oluşumu	8
1.2.2. Hidroperoksitlerin Parçalanması	8
1.3. Lipid Oksidasyonunda Rol Oynayan Faktörler	11
1.3.1. Oksijen Konsantrasyonu, Yüzey alanı ve Oksijen Formları	11
1.3.2. Enerji	13
1.3.3. Su Aktivitesi	13
1.3.4. Enzim Sistemleri	14
1.3.5. Metal İyonları ve Hem Bileşikleri	15
1.3.5.1. Metal İyonları	15
1.3.5.2. Hem Bileşikler	16
1.3.6. Lipidler	19
1.3.6.1. Toplam Yağ	19
1.3.6.2. Fosfolipidler ve Yağ Asitleri	20
1.3.7. pH Değeri	21
1.4. Postmortem Lipid Oksidasyonu	22
1.5. Etlere Uygulanan İşlemlerin Lipid Oksidasyonu Üzerine Etkisi	23
1.5.1. Boyut Küçültme	24
1.5.2. Dondurarak Depolama	25
1.5.3. Pişirme	28
1.6. Lipid Oksidasyonunu Ölçüm Yöntemleri	30
1.7. Lipid Oksidasyon Ürünlerinin Sağlık Üzerine Etkisi	32
2. GEREÇ VE YÖNTEM	35
2.1. Gereç	35
2.2. Yöntem	35
2.2.1. Tiyobarbitürik Asit Tayini	35
2.2.2. pH Değeri Tayini	36
2.2.3.İstatistiksel analizler	37
3. BULGULAR	38
4. TARTIŞMA	45

5. SONUÇ VE ÖNERİLER 50

ÖZET 52

SUMMARY 53

KAYNAKLAR 54

ÖZGEÇMİŞ 63

ÖNSÖZ

Toplumun yeterli ve dengeli beslenmesinde sahip olduğu kimyasal bileşimi nedeniyle en önemli gıdalardan biri kanatlı etleridir. Bu nedenle, çalışmama konu olan piliç etleri başta olmak üzere kanatlı etlerinin tüketiciye ulaşıncaya kadar uygun muhafaza koşullarında saklanması hususu büyük önem arz etmektedir.

Kanatlı etlerinde; özellikle kimyasal bileşiminde yer alan çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyona karşı oldukça duyarlı olması nedeniyle üründe renk, aroma, lezzet, tekstür, besin değeri kaybı hatta sağlığa zararlı kimyasal bileşiklerin oluşması gibi olumsuzluklarla sıklıkla karşılaşılmaktadır.

Bu çalışmada; kanatlı etlerinde lipid oksidasyonu düzeyi TBA analizi ile belirlenerek ürünün hem kalitesi, hem de halk sağlığı açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışmalarım sırasında yönlendirmeleriyle benden yardımını esirgemeyen ve çalışmalarıma destek olan Sayın Prof.Dr. Özlem KÜPLÜLÜ'ye; başta Anabilim dalı baskanımız Prof. Dr. İrfan EROL olmak üzere, değerli ögretim üyeleri Prof. Dr. T.Haluk ÇELİK'e, Prof. Dr. Belgin SARIMEHMETOĞLU'na, Prof. Dr. U. Tansel ŞİRELİ'ye, Prof. Dr. Haydar ÖZDEMİR'e, Doç. Dr. Muammer GÖNCÜOĞLU'na, Doç. Dr. F.Seda BİLİR ORMANCI'ya, çalısmalarım esnasında yardımını esirgemeyen Vet.Hek.Yb. Abdullah KARACA'ya, Vet.Hek.Bnb. Tolga YAROĞLU'na, Vet.Hek.Bnb. Korhan ÖZTURAN'a, Dicle KAHRAMAN ve Murat ULUDAĞ'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, hayatımın her bir aşamasında yanımda yer alan ve her türlü desteğini benden esirgemeyen sevgili AİLEM'e, en zor anlarımda yılmadan sonuna kadar beni dinleyen ve hala yanımda olan sevgili ablam, enistem, eşim ve arkadaşlarıma, teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

aw : Su Aktivitesi

AV : Anisidin Değeri Ölçüm

˚C : Celcius (Santigrad derece)

ÇDYA : Çoklu Doymamış Yağ Asidi

DNA : Deoksi Ribo Nükleik Asit

g : Gram

GC : Gaz Kromotografisi

HCL : Hidroklorik asit

HPLC : Yüksek Basınçlı Sıvı Kromotografisi

H_2O_2 : Hidrojen peroksit

LDL : Low-density lipoproteins (Düşük dansiteli lipoprotein)

L : Yağ radikali

M : Molar

MA : Malonaldehit

MAE : Mekanik Ayrılmış Et

MAKE: Mekanik Ayrılmış Kanatlı Eti

µg : Mikrogram

mg : Miligram

MDA : Malondialdehit

$OH^{\cdot}$: Hidroksil radikali

O^{-}_2 : Süperoksit radikali

PC : Phosphatidyl choline (Fosfatidil kolin)

PE : Phosphatidyl ethanolamine (Fosfatidil etonolamin)

R : Alkil radikal

RH : Yağ asidi

ROO : Peroksit radikal

ROOH : Hidroperoksit

ROOR : Oksidasyon ürünü

ROS : Reaktif Oksijen Türleri

TBA : Thiobarbitürik asit

TBARS: Tiyobarbitürik asit ile reaksiyona giren maddeler

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

UV : Ultraviyole

WOF : Warmed-Over Flavor (Isıl işlem sonrası oluşan oksidatif lezzet)

ŞEKİLLER

Şekil 1.1	:Lipid oksidasyon mekanizması	5
Şekil 1.2	:Lipid oksidasyon oluşumu ve son ürünler	7
Şekil 1.3	:Oksidasyon oluşumu	9
Şekil 1.4	:Hidroperoksitlerin aldehit ve ketonlara genel dönüşümü	10
Şekil 1.5	:Hematin bileşikler tarafından katalizlenen doymamış yağ asitlerinin oksidasyon mekanizması	17
Şekil 1.6	:Fenton reaksiyonu ile üretilen reaktif oksijen türleri	18
Şekil 1.7	:TBA-MDA tepkimesi sonucu TBA pigment oluşumu	32
Şekil 3.1	:Piliç karkaslarında ortalama TBA değerleri	42
Şekil 3.2	:Piliç karkaslarında ortalama göğüs ve but eti pH değerleri	43

ÇİZELGELER

Çizelge 1.1: Bazı et ve et ürünlerinin -18°C'de depolama süreleri 27

Çizelge 3.1: Kanatlı kesimhanesinden değişik zamanlarda alınan piliç örneklerinin TBA ve pH değerleri 39

Çizelge 3.2: Kanatlı kesimhanesinden alınan örneklerin TBA ile pH ortalamaları ve standart sapmaları 40

Çizelge 3.3: Gölcük piyasasından değişik zamanlarda alınan piliç örneklerinin TBA ve pH değerleri 41

Çizelge 3.4: Gölcük piyasasından alınan örneklerin TBA ile pH ortalamaları ve standart sapmaları 42

Çizelge 3.5: Kanatlı kesimhanesinden kesim günü alınan örnekler ile Gölcük piyasasından alınan taze örneklerin TBA ile pH ortalamaları ve standart sapmaları 43

1. GİRİŞ

Raf ömrü, tüm gıdalarda olduğu gibi et ve et ürünlerinde de kaliteyi etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Et pek çok nedenden dolayı (yüksek su aktivitesi, pH, mikroorganizmalar için uygun bir ortam, doymamış yağ asidi içeriği v.b) sınırlı raf ömrüne sahiptir. Etin raf ömrünü sınırlayan en önemli değişimlerden birisi de lipid oksidasyonudur (Sahoo ve Verma, 1999). Tüketicilerin kaliteli ürünlere yönelmesi nedeniyle, lipid oksidasyonunun kontrolü ve izlenmesi büyük öneme sahiptir (Botsoglou ve ark., 1994).

Lipid oksidasyonu, çiğ veya pişmiş et ve et ürünlerinin soğutularak veya dondurularak muhafazası sırasında bozulma derecesini ve etlerin kalitesini gösteren en önemli parametrelerden biridir (Gandemer, 2002; Gomes ve ark., 2003; Oruç ve ark., 2005). Etin membran fosfolipidlerinin çoklu doymamış yağ asitlerinde başlamakta olan lipid oksidasyonu, etin işlenmesi, pişirilmesi, muhafazası esnasında meydana gelebilmekte ve gıdanın raf ömrünün azalmasına yol açmaktadır (Buckley ve ark., 1995; Renerre ve ark., 1999; Guo ve ark., 2006; De La Ossa, 2009). Oksidasyon sonucu et ve diğer gıdalarda besin değeri düşmekte, arzu edilmeyen lezzet, renk ve koku bileşenlerinin oluşmasının yanında, potansiyel toksik bileşikler de meydana gelebilmektedir. Gıdaların niteliklerinde kayıplara neden olan lipid oksidasyonu zincirleme bir reaksiyon olup, fotooksidatif veya serbest radikallerin otokataliz mekanizması yoluyla gerçekleşmektedir (Kim ve Labella, 1987; Fernandez ve ark., 1997; Ulu, 2004; Ceylan ve ark., 2007; Ali ve Zahran, 2010).

Çoklu doymamış yağ asitlerince zengin gıdalar oksidatif bozulmalara daha duyarlıdır. Özellikle kanatlı etlerinin çoklu doymamış yağ asitlerince zengin olması ve vitamin E gibi doğal antioksidan maddeleri düşük düzeylerde içermesi lipid oksidasyona karşı hassasiyetini artırmaktadır (Botsoglou ve ark., 2002; Ryu ve ark., 2004; Gatellier ve ark., 2007).

Kanatlı etleri diğer protein kaynaklarına göre ekonomik ve dengeli beslenmede stratejik bir hayvansal protein kaynağı olması nedeniyle önemlidir. Son yıllarda Türkiye'de kanatlı eti tüketiminde bir artış gözlenmektedir. Türkiye'de kişi başına düşen kanatlı eti tüketimi 1980'li yıllarda 1-1,5 kg civarında iken, bu rakam 2000'li yıllarda 15 kg'a kadar yükselmiştir (Anon, 2010). Kanatlı etleri piyasaya taze, işlenmiş ve dondurulmuş olarak sunulmaktadır. Kanatlıların sağlıklı olarak kesimi, kesim sonrası gövdelerin soğutulması, parçalanması, ambalajlanması ve tüketiciye ulaşıncaya kadar olan muhafaza koşulları ürün kalitesini etkilemektedir. Bu aşamalarda meydana gelebilecek her türlü aksama etlerin kolayca kokuşmasına, acılaşmasına, bozulmasına sebep olabilmektedir (Katula ve Pandya, 1995).

Yapılan birçok araştırma, etlerdeki lipid oksidasyonunun hayvan türleri arasında değiştiğini, ancak değişim mekanizmasının aynı prensiplerde işlediğini göstermektedir. Lipid oksidasyon reaksiyonlarını başta hayvanın çeşidi olmak üzere, kesim sırasında hayvanın yaşı, cinsiyeti, beslenme şekli, post mortem kas ayırma zamanı, kasların veya doku yerinin anatomik yerleşimi, kasın bileşimi, örneklere uygulanan işleme teknikleri, pişirme ve pişirmenin şekli, depolama süresi ve sıcaklığı, lipid oksidasyonunun tespit edilmesinde kullanılan metot veya yöntemlerin farklılığı gibi birçok faktör etkilemektedir (Ericson, 1997; Karabudak, 2000; Ulu, 2004; Al-Dughaym ve Al-Altabari, 2010).

1.1. Lipid Oksidasyonu Oluşum Mekanizması

Et ve et ürünlerinde ortaya çıkan lipid oksidasyonu üç aşamada incelenebilmektedir. İlk aşamada canlı hayvanda ortaya çıkan reaktif oksijen türleri ve buna karşı oluşturulan antioksidan mekanizma, ikinci aşamada kesimden hemen sonra ortaya çıkan oksidatif değişim, üçüncü aşamada ise etin işlenmesi, pişirilmesi ve depolanması sırasında meydana gelen oksidasyondur (Morrisey ve ark., 1998). Hayvanın kesiminden hemen sonra ve daha sonraki aşamalarda biyokimyasal değişimler ile birlikte kas metabolizması da değişmektedir. Kaslardaki değişimler, prooksidatif faktör/antioksidatif kapasite dengesinin oksidasyon yönüne kayması lipid oksidasyonun başlamasına neden olmaktadır (Buckley ve ark., 1995).

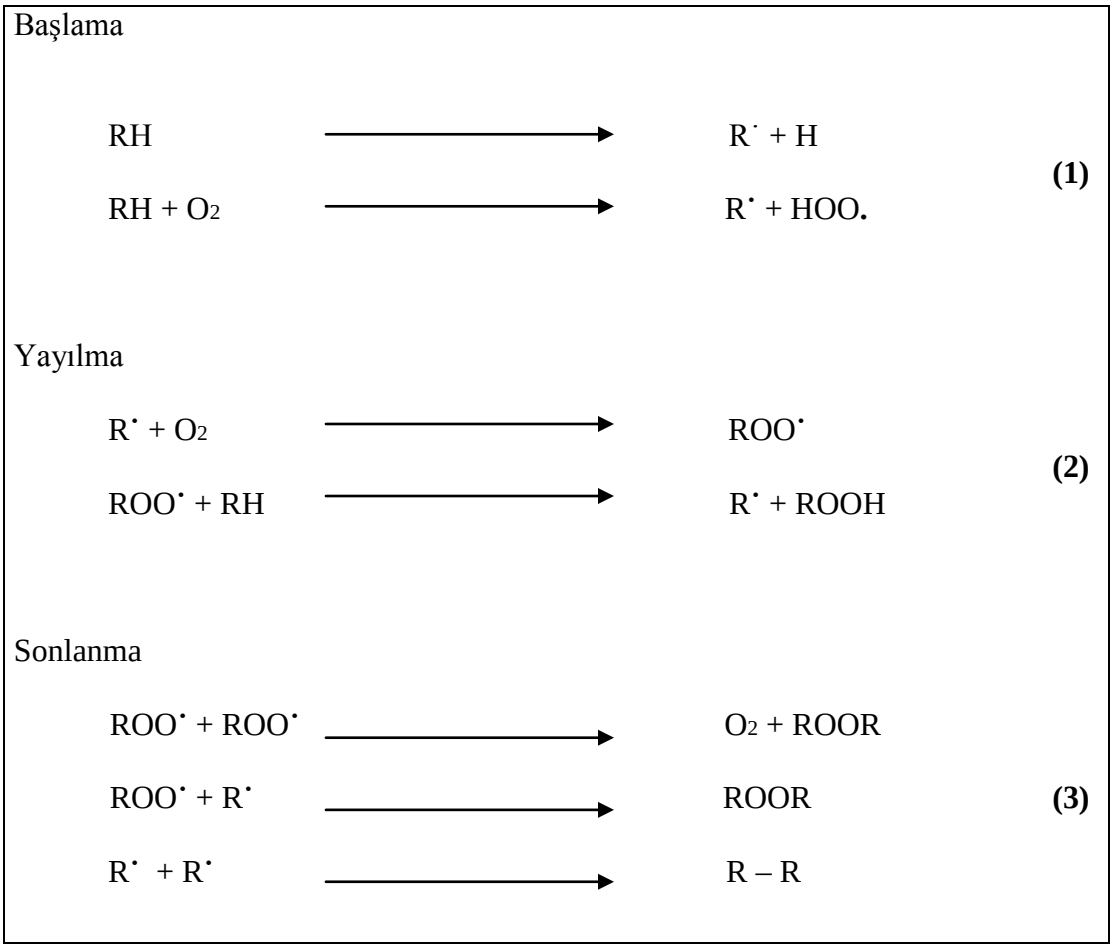
Kanatlı endüstrisi, oksidatif kararlılığı ve raf ömrünü geliştirmek için kanatlı diyetlerine yüksek düzeyde antioksidan ilavesi yöntemini sık kullanmaktadır. Selenyum ve α-tokoferol kanatlı etlerini oksidasyondan koruma amaçlı kanatlı diyetlerinde kullanılan önemli antioksidanlardandır (Ryu ve ark., 2004; Hoac ve ark., 2006).

Renerre ve ark. (1999) hindi etinde vitamin E'nin antioksidan özelliğini incelemişler, göğüs etinin kontrol grubunda TBA değerini 1. gün 0.91 mgMA/kg, 9. gün 1.25 mgMA/kg olarak bulurken, diyetlerine vitamin E takviyesi yapılmış olan hindi göğüs etinde 1. gün 0.24 mgMA/kg ve 9. gün 0.38 mgMA/kg olarak bulmuşlardır.

Etlik piliçler üzerine yapılan benzer bir çalışmada, antioksidan eklenmeyen diyetle beslenen örneklerin göğüs etinde başlangıçta TBA değeri 0.15 mgMA/kg'dan 9 günlük buzdobı (+4°C) muhafazası sonunda 0.51 mgMA/kg'a, but etinde 0.10 mgMA/kg'dan 0.51 µgMA/g'a yükseldiği tespit edilirken, vitamin E ile zenginleştirilmiş diyetle beslenen örneklerin göğüs etinde başlangıçta 0.12 mgMA/kg olan TBA değerinin 9 günlük buzdolabı (+4°C) muhafazası sonunda 0.25

mgMA/kg'a, but etinde ise 0.08 mgMA/kg'dan 0.19 mgMA/kg'a yükseldiği bildirilmiştir (Lopez ve ark., 1998).

Lipid oksidasyonuna neden olan en önemli mekanizma serbest radikal mekanizması olarak belirtilmektedir (Taub, 1984; Gandemer, 2002). Serbest radikallerin otokatalitik lipid oksidasyon mekanizması başlangıç, yayılma ve sonlanma basamaklarından oluşmaktadır (Kanner ve Rosenthal, 1992; Fernandez ve ark., 1997; Cascone, 2005; Hoac ve ark., 2006; Chaijan, 2008; Ruban, 2009). Başlangıç aşamasında oluşan serbest radikaller trigliserid veya doymamış yağ asidi molekülünden oluşmaktadır. Bu aşamada ısı, ışık, oksijen, yüksek enerjili radyasyon enerji kaynağı olabilmekte, ayrıca metal iyonları ve metal-protein de başlatıcı olarak hareket edebilmektedir. Başlangıç aşamasında yağ asidi zincirine komşu metilen karbonuna bağlı kararsız yapıdaki hidrojen (H) yapıdan uzaklaşarak alkil radikal oluşmaktadır (Ladikos ve Lougovois, 1990; Gullien-Sans ve Guzman-Chozas, 1998; Gandemer, 2002; De La Ossa, 2009). Yağ asidindeki çift bağ sayısı arttıkça metilen karbonundan hidrojeni uzaklaştırmak daha kolay meydana gelmektedir **(1)** (Frankel, 1984; Gandemer, 2002). Yayılma aşamasında oluşan serbest radikal ile oksijen arasında bir reaksiyon başlayarak peroksit radikal (ROO) oluşmaktadır. Oluşan bu yeni radikal, trigliserid veya yağ asidiyle tepkimeye girerek oksidasyonun birincil ürünleri olan hidroperoksitleri oluşturmaktadır. Bu reaksiyon sadece moleküler oksijenle sınırlı kalmayıp aynı zamanda O_2^-, $HO^{\cdot}$, H_2O_2 gibi diğer oksijen türleriyle de şekillenmektedir **(2)** (Gullien-Sans ve Guzman-Chozas, 1998). Sonlanma aşaması kompleks reaksiyonlarla, çok sayıda uçucu ve uçucu olmayan bileşiklerin oluşumuna yol açan hidroperoksitlerin parçalanmasıyla başlamaktadır (Frankel, 1984; Gandemer, 2002). Serbest radikal miktarı çok fazla arttığında iki serbest radikal birleşmekte ve reaksiyon sonlanma aşamasına ulaşmaktadır **(3)** (Gullien-Sans ve Guzman-Chozas, 1998; Hoac ve ark., 2006).

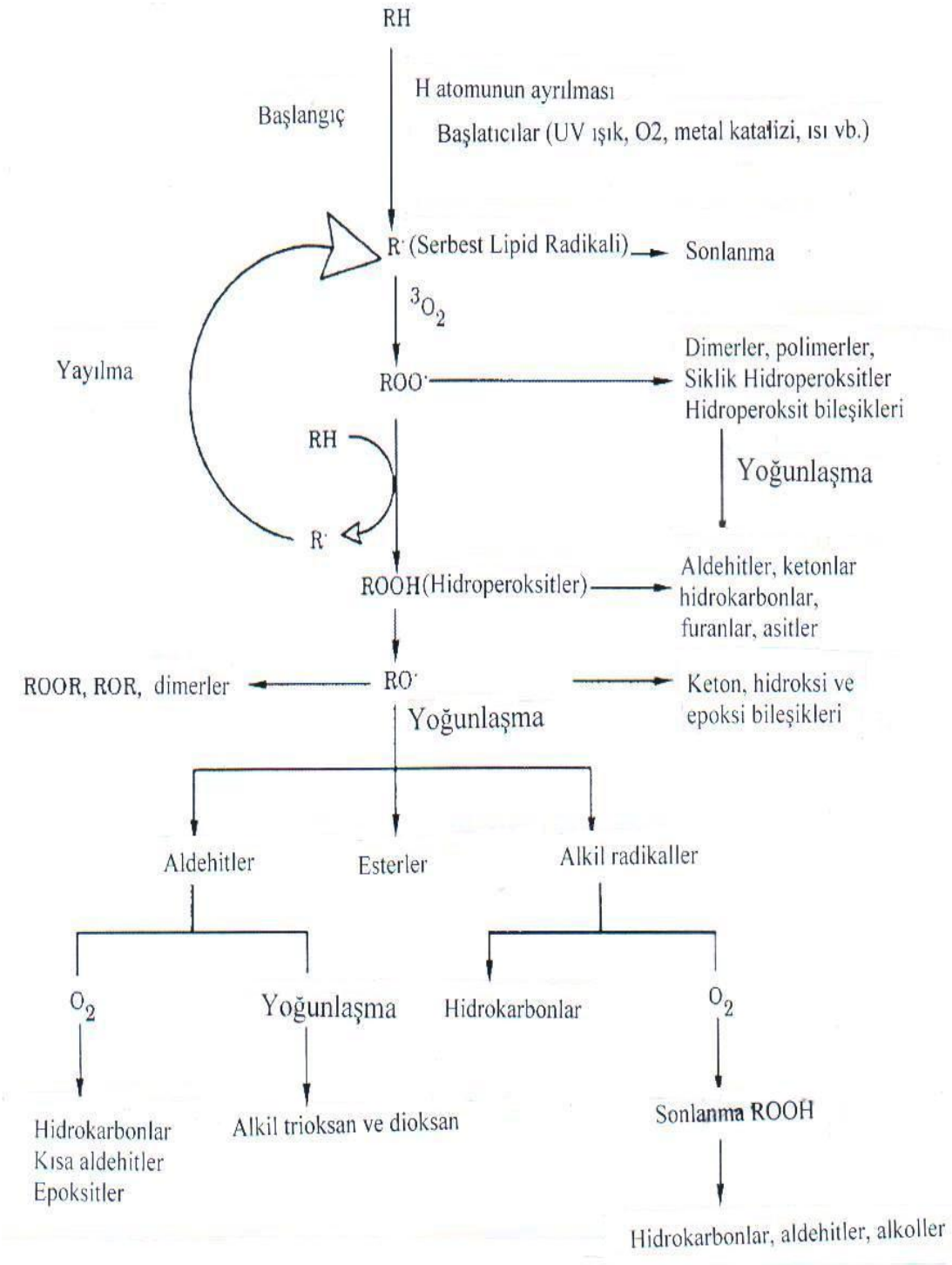


Şekil 1.1. Lipid oksidasyon mekanizması
RH : Yağ asidi, R : Alkil radikal, ROO˙: Peroksit radikal, ROOH : Hidroperoksit, ROOR: Oksidasyon ürünü (Gullien-Sans ve Guzman-Chozas, 1998).

1.2. Lipid Oksidasyonu Sonucu Oluşan Ürünler

Lipid oksidasyonu zincirleme bir reaksiyon olup, zincir reaksiyonunun başlatıcısı ise ilk aşamalarda meydana gelen (ROOH) hidroperoksitlerdir (Fernandez ve ark., 1997). İlk tepki ürünü olarak kabul edilen hidroperoksitler tatsız, kokusuz ve oldukça kararsız bileşikler olup, düşük sıcaklık ve metal iyonu yokluğunda nispeten kararlıdırlar (Pensel, 1990; Shadidi, 2002; Alfawaz, 2004). Ancak bu koşullar et ve et ürünlerinde pek bulunmadığından hidroperoksitler izomerizasyon ve bozunma gibi serbest radikal zincir reaksiyonlarına yatkın hale gelmektedir (Cascone, 2005; Ruban, 2009). Hidroperoksitler; a- lipid oksidasyon oranını hızlandıran serbest radikallere dönüşebilmekte, b- hidrokarbonlar, alkoller, karbonil bileşikleri, asitler,

esterler gibi gıdalarda lezzet kaybına sebep olan bileşiklere parçalanabilmekte, c-protein, vitamin, pigment ve lezzet oksidasyonuna sebep olabilmekte ve d-polimerizasyonla toksik olan koyu renkli organik polimerler meydana getirebilmektedirler (Pensel, 1990). Bu reaksiyonlar kapsamlı olarak incelenmiş, aroma üzerindeki etkilerinden dolayı uçucu ürünler üzerinde yoğunlaşılmıştır (Gandemer, 2002). Oluşan uçucu bileşikler, çok düşük miktarlarda dahi gıda güvenliğini ve besleyici değerini azaltarak, koku, renk ve lezzet üzerinde yüksek derecede olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Shadidi, 2002).



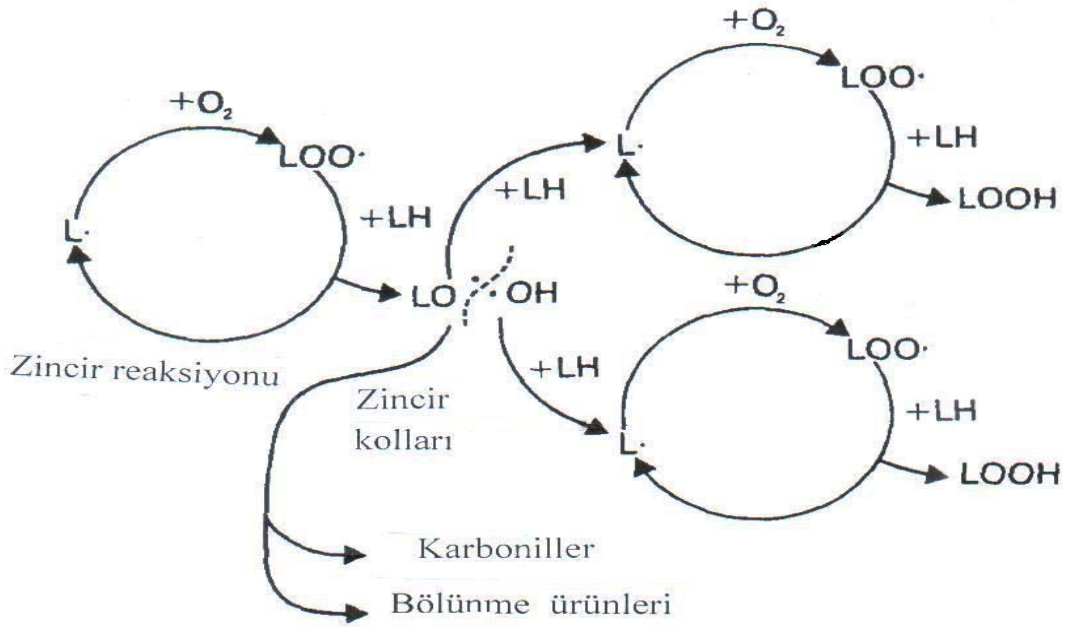
Şekil 1.2. Lipid oksidasyon oluşumu ve son ürünler
RH : Yağ asidi, R˙ : Serbest lipid radikali, ROO˙: Peroksit radikal, ROOH : Hidroperoksit (Shadidi ve Wanasundara, 1996).

1.2.1. Hidroperoksitlerin Oluşumu

Otooksidasyonun birincil başlama ürünleri olan hidroperoksitler, oksidatif bozulmaya yol açan bir seri ikincil ürünlere dönüşmektedirler. Reaksiyon genellikle serbest lipid radikallerinin rezonans kararlılığından dolayı, konjuge dien gruplarını içeren izomerik hidroperoksitlerin oluşumunda sonuçlanan çift bağların pozisyonundaki kaymanın aracılığıyla devam etmektedir (Frankel, 1991; Ruban, 2009). Hidroperoksitlerin miktarı ve doymamış yağ asitlerindeki C atomlarında oluşan geometrik izomerleri farklı şekillenmektedir. Bunlar, oksidasyon ortamı, substrat konsantrasyonu ve sıcaklığa bağlı olarak değişebilmektedir (Frankel, 1991; Şimşek, 2008).

1.2.2. Hidroperoksitlerin Parçalanması

Hidroperoksitler oldukça kararsız yapıda olup, uçucu ve uçucu olmayan ürünlere kolayca yıkımlanabilmektedirler (Gandemer, 2002; Alfawaz, 2004; Anon, 2011b). Sıcaklık, pH değeri, metal varlığı gibi ortam koşulları hidroperoksitlerin parçalanmasında etkili olmaktadır (Frankel, 1991). Gıdalarda olumsuz değişimlere yol açan alkanlar, alkenler, aldehitler, ketonlar, alkoller, esterler, asitler ve hidrokarbonları kapsayan çok çeşitli ikincil bileşikler kompleks reaksiyonlar sonucu meydana gelmektedir (Gandemer, 2002; Cascone, 2005; Ross ve Smith., 2006).



Şekil 1.3. Oksidasyon oluşumu
LOO˙: Peroksit radikal, LOOH : Hidroperoksit, LH : Yağ asidi, L ˙: Yağ radikali (Vliegenthart, 1979).

Hidroperoksitlerin parçalanması, daha çok serbest radikallerin oluşumuyla sonuçlanmaktadır. Hidroperoksit konsatrasyonunun düşük olması halinde, hidroperoksitlerin parçalanması esas olarak monomolekülerdir

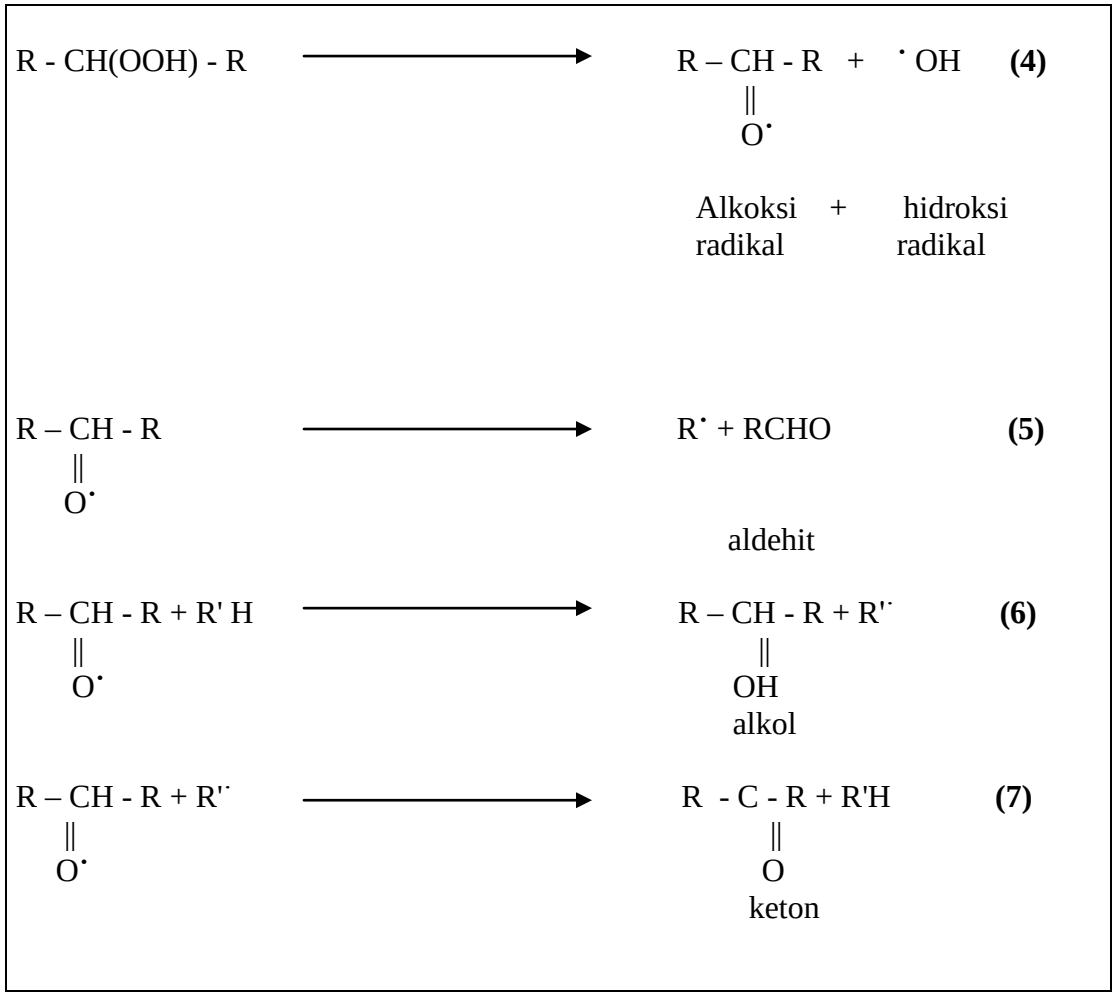
$$ROOH \longrightarrow RO^{\bullet} + OH^{\bullet}$$

Hidroperoksit konsantrasyonunun yüksek olması halinde, bimoleküler bir parçalanma meydana gelir (Dugan, 1961).

$$2\ ROOH \longrightarrow ROO^{\bullet} + RO^{\bullet} + H_2O$$

Hidroperoksitlerin parçalanmasının ilk adımı bir alkoksi ve hidroksi radikal oluşumuyla sonuçlanan oksijen-oksijen bağının kopmasıyla başlamaktadır **(4)**. Alkoksi radikalin karbon-karbon bağının kopmasıyla yeni bir alkil veya vinil radikal ve aldehit oluşmaktadır **(5)** (Frankel, 1991; Anon, 2011b). Daha sonra alkil veya vinil radikaller, radikal olmayan ürünlerle reaksiyona girerek zincirin ilerlemesine

neden olurlar. Sonuç olarak; karbonil bileşikleri, alkoller, ketonlar, asitler, hidrokarbonlar, laktonlar ve esterler meydana gelmektedir **(6-7)** (Frankel, 1991; Kanner ve Rosenthal, 1992; Anon, 2011b).



Şekil 1.4. Hidroperoksitlerin aldehit ve ketonlara genel dönüşümü (Anon, 2011c).

Bu çok sayıdaki uçucu bileşikler arasında en önemlileri düşük değerlerde bile gıdaların aromaları üzerinde yüksek etkileri olan aldehitler, bazı doymamış ketonlar ve furan türevleri olarak bilinmekte, bunlar C_3-C_{10} aldehitler, C_5 ve C_8 doymamış keton ve pentil veya pentenil furanları içermektedir (Gandemer, 2002; Hamed ve Allam, 2006). Oksidasyon sonucu oluşan aldehitler; doymuş (5-10 C'lu alkanaller), bazı çoklu doymamış (2,4-nonadienal ve decedienal) ve tekli doymamış (5-11 C'lu alkenaller) aldehitler olup, bulundukları gıdalara sebzemsi, boyamsı lezzetler

kazandırmaktadırlar (Gandemer, 2002). Fermente et ürünlerinde hekzanal ve heptanal gibi aldehitler önemli lezzet bozukluğuna yol açmaktadır (Gandemer, 2002; Ercoşkun ve Ertaş, 2003).

1.3. Lipid Oksidasyonunda Rol Oynayan Faktörler

1.3.1. Oksijen Konsantrasyonu, Yüzey Alanı ve Oksijen Formları

Lipid oksidasyonunu etkileyen en önemli faktörlerden birinin, gıdanın oksijen içeriği olduğu ve oksidasyon oranının oksijen basıncıyla değiştiği bilinmektedir (Lee, 1983; Anderson ve Lingnert, 1999). Oksidasyon oranı ve oksijen kısmi basıncı arasındaki ilişki gıdanın türü, su aktivitesi ve sıcaklıktan etkilenmekte, bunun yanında ışık ve metaller de oksijen konsantrasyonunu etkileyen katalitik faktörler olarak bilinmektedir (Anderson ve Lingnert, 1999; Jenschke, 2004).

Oksitleyici bir ajanın varlığı ve yüksek oksijen konsantrasyonunda, gıda yüzey alanı küçük olsa bile oksidasyon başlamaktadır. Yüzey alanı arttıkça oksijene maruz kalan kısım artmakta, oksidasyon büyük bir hızla gerçekleşmektedir (Lee, 1983; Jenschke, 2004). Oksijen radikalleri biyolojik sistemlerde bulunan en önemli serbest radikallerdir. Et ve et ürünlerinde, kesimden hemen sonra hücrelerde yıkım başladığı için lipid oksidasyonu meydana gelmekte ve çeşitli aktif oksijen türleri oluşmaktadır. Gıdalardaki aktif oksijen türleri, sadece işleme ve depolama süresince oluşmayıp kesim öncesinde bile bulunmaktadır (Ericson, 1997). Moleküler oksijen yalın (triplet) formda bulunmakta ve düz yapıdaki moleküllerle reaksiyona girmemektedir. Oksijenin doymamış yağ asitleri gibi düz moleküllerle reaksiyona girmesi için aktif formlarının oluşması gerekmektedir. Kas dokuda bulunan birçok bileşik, pH 4.0-7.0 değerleri arasında moleküler oksijenin aktif hale getirilmesinde rol oynamaktadır (Frankel, 1980; Karabudak, 2000; Fellenberg ve Speisky, 2006).

Moleküler oksijenin aktif formlarına “reaktif oksijen türleri (ROS)” denilmektedir. Bunlar arasında en önemlileri süperoksit radikali (O_2^-), hidroksil radikali ($OH^\cdot$) ve radikal olmayan hidrojen peroksit (H_2O_2) olarak bilinmektedir (Fellenberg ve Speisky, 2006). Gıdalarda ve biyolojik sistemlerde doğal olarak üretilen reaktif oksijen türleri (ROS), aşırı üretildiklerinde canlı organizmada protein, lipid ve DNA gibi hücresel moleküllerde önemli hasarlar yaratabilmektedirler. Canlı organizmalar, koruma mekanizmalarıyla ROS’ların organizmalara verdikleri zararlı etkileri kolaylıkla nötralize edebilmektedir. Fakat bu sistem organizmalar öldükten sonra çalışmadığı için kaslarda biriken ROS, lipid ve proteinlerde istenmeyen modifikasyonlara neden olmaktadır. Reaktif oksijen türleri ya direkt olarak doymamış lipidlerin çift bağlarıyla reaksiyona girip lipidlerin oksitlenmesine neden olmakta ya da lipidlerin oksitlenmesine neden olan prooksidanların aktif hale gelmesini sağlamaktadır (Halliwell ve Chirico, 1993; Fellenberg ve Speisky, 2006; Halliwell, 2007; Korkmaz, 2007).

Bu aktif radikallerden süperoksit radikali, H_2O_2 kaynağı olması ve geçiş metal iyonlarının indirgeyicisi olması nedeniyle önemli olup, ayrıca hücresel koşullarda üretilerek hem oksitleyici hem de indirgeyici olarak etki gösterebilmektedir. Hidrojen peroksit yapısında eşleşmemiş elektron içermediği için radikal değildir. Ancak biyolojik membranları geçerek hücreler arasına veya içine kolayca difüze olabilen, uzun ömürlü bir oksidan özelliği göstermektedir. Hidroksil radikali ($OH^\cdot$) ise biyolojik sistemlerdeki en reaktif ve hasar verici radikal türü olup, yarılanma ömrü çok kısa olmasına rağmen ortamda rastladığı her biyomolekülle tepkimeye girerek oluştuğu yerde büyük hasarlara sebep olmaktadır (Halliwell, 2007; İşbilir, 2008).

Lipid oksidasyonunun başlatıcılarından birisi de tekli (singlet) oksijen olup, ortamdaki bazı moleküllerin ışığı absorbe ederek yüksek enerji toplamaları ve moleküler oksijenle reaksiyona girmeleri sonucu oluşmaktadır. Normalde moleküler oksijenin tekli oksijene dönüşümü, bitki ve hayvan dokularında bulunan duyarlı maddeler (sensitizerler) tarafından gerçekleşmektedir. Örneğin; balık dokusunda bulunan riboflavin ve porfirin gibi bazı bileşikler, ışığı absorbe edip yüksek enerjili

hale gelerek tekli oksijeni oluşturmaktadır. Tekli oksijen, doymamış yağ asidindeki çift bağ ile doğrudan reaksiyona girmekte ve hidrojen ayrılmasıyla otooksidasyon reaksiyonlarının başlamasında etkili olmaktadır (Frankel, 1980; Kanner ve Rosenthal, 1992; Karabudak, 2000).

1.3.2. Enerji

Lipidlerin oksidatif reaksiyonunu ısı, ışık ve radyasyon iyonlaşması oluşumundaki enerji etkilemektedir. Oksidasyon geniş bir sıcaklık aralığında oluşmasına rağmen, yüksek sıcaklıkların birçok kimyasal reaksiyona göre lipid oksidasyonu üzerine daha belirgin bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir. Sıcaklığın artmasıyla oksidasyon oranı artmaya başlamakta, çok yüksek sıcaklıklarda ise hidroperoksit konsantrasyonunun ikincil oksidasyon ürünlerine bozulmasında önemli derecede artış meydana gelmekte ve oksidasyon yayılımı hızlanmaktadır (Lee, 1983).

Aktif radikal oluşumunun başlamasına sebep olan bir diğer enerji kaynağı da ışıktır. Normal görülebilir ışığa göre ultraviyole (UV) ışık daha yüksek enerjili olduğundan daha çok zararlı etkisi bulunmakta ve meydana getirdiği oksidasyon da çok daha hızlı gerçekleşmektedir (Anon,2011b).

1.3.3. Su Aktivitesi

Genel olarak, nem oranı düşük gıdalarda ($a_w<0.1$) lipid oksidasyon hızı yüksektir. Kuru gıdalarda hidroperoksitler parçalanmaya daha yatkın hale gelmekte ve metal katalizörler oksidasyonu katalizlemek için çok daha aktif olmaktadır (Anon, 2011b). $0.1<a_w<0.2$ değerinde, suyun artmasıyla dokudaki oksijen çıkmakta, reaksiyonu katalizleyen metaller hidrate olmakta ve yağ-su ara yüzeyinde oluşan hidroperoksitlere hidrojen bağlanarak hidroperoksit sayısında azalma olmaktadır. $0.2<a_w<0.6$ değerinde metaller, şelat yapan ajanlar ve antioksidanlar suda çözündüğünden, metallerin bağlandığı ve antioksidanların etkin hale geçerek lipid

oksidasyonunu yavaşlattığı belirtilmektedir. aw>0.6 olduğunda ise oksidasyon hızı artmaya başlamaktadır. Buna neden olarak proteinler gibi makro moleküllerin şişerek peroksitlerin birleşebileceği katalitik yüzeyler oluşturması ve giderek artan su miktarının kataliz mobilitesini arttırması gösterilmektedir (Özçelik ve Evranuz, 1998).

Taze etin su aktivitesi 0,99 olmasına karşın, -12°C ve -18°C arasında dondurulmuş olarak muhafaza edilen etlerde su aktivitesi değeri 0,6 civarındadır. Bu değerlerde, hem pigmentleri lipid oksidasyonunu başlatıcı olarak ortaya çıkmakta, dondurulmuş halde depolanan et ürünlerinin lipid oksidasyonunda katalizör olarak önemli bir rol oynamaktadır (Karabudak, 2000).

1.3.4. Enzim Sistemleri

Kaslarda bulunan birçok enzimatik sistem, lipid oksidasyonunu doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Lipid oksidasyonunda mikrozomal enzimler, peroksidazlar ve dioksigenazlar (lipoksigenazlar ve siklooksigenazlar) olmak üzere üç enzim grubu önemli rol üstlenerek hidroperoksitleri meydana getirmektedirler. Mikrozomal enzimlerin -20°C'de 12 ay boyunca muhafaza edilen çiğ balıkta aktif kalabildiği belirtilmektdir. Çiğ balık ve piliç kaslarındaki lipid peroksidasyonunu, lipoksigenaz veya siklooksigenaz enzimleri arttırabilmektedir. Bu enzimler aracılığıyla oluşan süperoksitten H_2O_2 meydana gelmekte veya bu süperoksit radikali, ferrik (Fe^{+3})-ADP kompleksini ferros (Fe^{+2})-ADP kompleksine indirgeyerek H_2O_2'den hidroksil radikallerinin ya da ferril bileşiklerinin oluşmasına neden olmaktadır (Kanner, 1994; Ericson, 1997; Karabudak, 2000; Rutgersson ve ark., 2000).

1.3.5.Metal İyonları ve Hem Bileşikleri

1.3.5.1. Metal İyonları

Doymamış yağların oksidasyonu çoğu zaman spontan bir şekilde başlasa da katalizör varlığında bu reaksiyonun hızı artmaktadır. Demir, bakır, kobalt gibi geçiş metalleri serbest oksijen radikallerinin oluşumunu kolaylaştırarak lipid oksidasyonunu katalizlemektedir (Kanner ve Rosenthal, 1992; Shadidi, 2002). Metal iyonlarının substrattan bir elektron alarak veya vererek zincir reaksiyonlarını başlattıkları veya serbest radikal oluşturdukları belirtilmektedir (Cascone, 2005; Ladikos ve Lougovois, 1990).

Metal katalizörler ferritin, transferrin gibi kas doku bileşenleri ile metalik tuzlar ve yağda mevcut olan serbest metalleri kapsamaktadır. Metaller, depolama sırasında metal kaplarla bulaşma, konserve ya da diğer işleme yöntemleri ve metal yüzeylerde pişirme ile oluşabileceği gibi gıdanın içerisinde de doğal olarak bulunabilmektedir. Doğal olarak bulunan metallere et myoglobinindeki Fe örnek gösterilebilir. Demirin oksidatif reaksiyonlardaki rolü, okside olarak veya indirgenerek önemli radikalleri oluşturmasından ileri gelmektedir. Demir, hidroperoksitlerle reaksiyona girerek indirgenmekte veya direk oksijen ve oksijen radikalleri ile reaksiyona girerek aktif radikalleri oluşturmaktadır. Metallerin formu ve miktarı lipid oksidasyon oranını etkilemektedir (Ladikos ve Lougovois, 1990; Karabudak, 2000). Serbest metal miktarı sınırlı ise oksidasyon daha yavaş oluşmaktadır (Anon, 2011b). Ağır metallerden özellikle iki veya daha çok değerliğe sahip olanlar oksidasyonun başlangıç, gelişme ve sonuç dönemlerinde oksidasyon oranını etkilemekte, lipid hidroperoksitlerinin parçalanmasını artırmakta ve lipid oksidasyonunun hızlı bir şekilde yayılmasına neden olmaktadırlar (Lee, 1983; Ladikos ve Lougovois, 1990).

Bazı metal iyonları diğerlerine göre lipid oksidasyonunu daha fazla uyarıcı etkiye sahiptir. Örneğin, Fe^{+2} balıkta lipid oksidasyonunu artırmak için Cu^{+2}'dan veya Cd^{+2}'dan daha etkilidir. Genelde metaller tarafından katalize edilen ve

hidroperoksitlerin parçalanma hızının artmasına sebep olan lipid oksidasyon mekanizması reaksiyon **(8)**'daki gibi ifade edilmektedir (Kanner ve Rosenthal, 1992; De La Ossa, 2009).

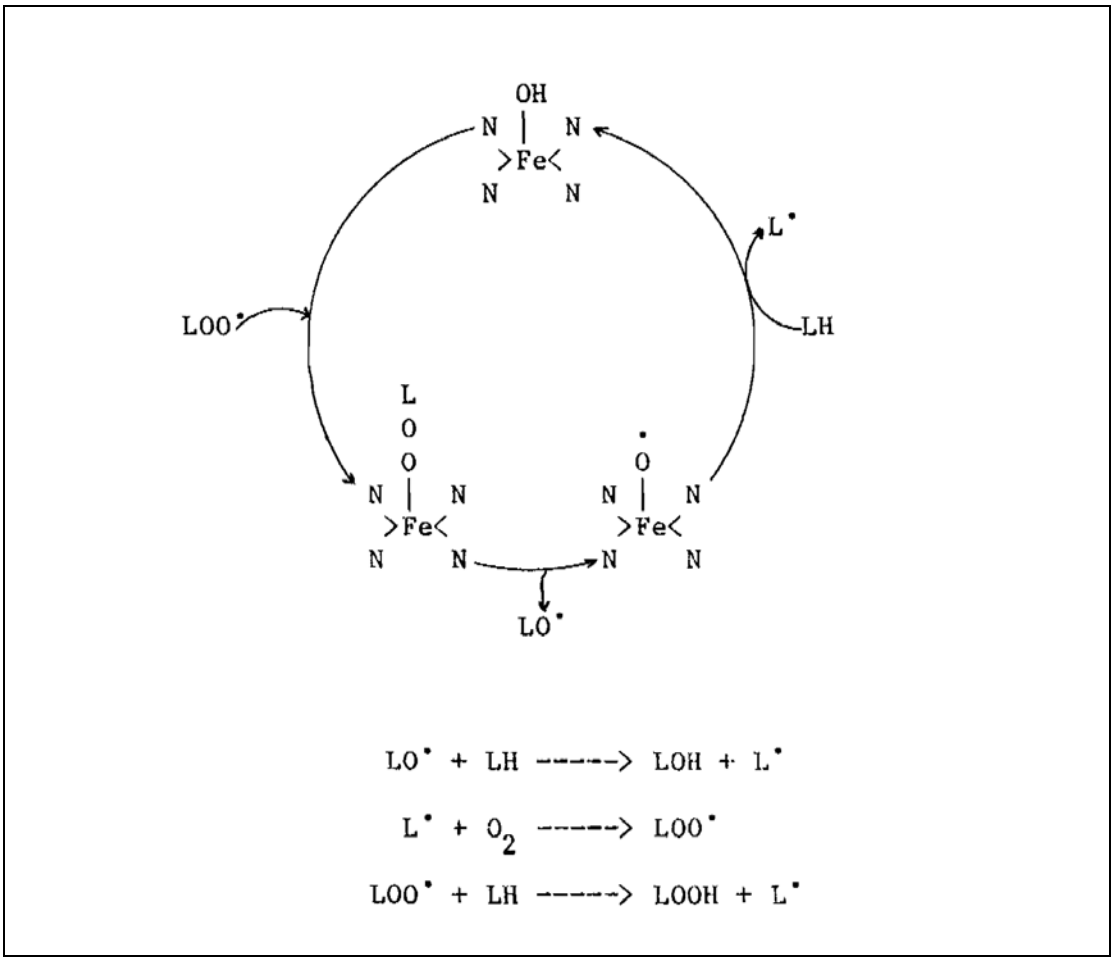
$$M^{n+} + ROOH \longrightarrow RO^{\cdot} + OH^{-} + M^{(n+1)+}$$

$$M^{(n+1)+} + ROOH \longrightarrow ROO^{\cdot} + H^{+} + M^{(n)+} \qquad \textbf{(8)}$$

1.3.5.2. Hem Bileşikleri

Yağların oksidasyonu üzerinde hemoglobin ve diğer demirli porfirinlerin hızlandırıcı etkisi olduğu bilinmektedir. Hemoproteinler et ve et ürünlerinde oksidasyonu başlatan ana bileşikler olarak görülmektedir (Shadidi, 2002). Et, oksimyoglobin ve oksihemoglobin gibi heme proteinleri bakımından zengin olmakla birlikte özellikle geçiş metalleri, lipoksi radikalleri, H_2O_2 gibi aktif oksijen türlerinin bu bileşiklere etkilerinden dolayı oksidasyona duyarlı bulunmaktadır (Cascone, 2005).

Heme katalizinin, heme olmayan katalizden farklı olarak; sadece demir porfirin bileşiklerini (Myoglobin, hemoglobin, sitokrom C, katalaz ve peroksidaz) içeren ve hidroperoksitlerin parçalanmasına sebep olan özel bir metal katalizi olduğu belirtilmektedir. Hematin kataliz mekanizması, hem bileşikleri ile hidroperoksitlerin birleşerek aktif kompleks bir bileşik oluşturması ve bu bileşiğin parçalanması sonucu oluşan serbest radikallerin lipid oksidasyonunu başlatması şeklinde tarif edilmektedir. Bu reaksiyonla birlikte sadece lipidlerde değil, protein ve vitaminlerde de geniş kapsamlı bozulmalar meydana geldiği belirtilmektedir (Lee, 1983).



Şekil 1.5. Hematin bileşikler tarafından katalizlenen doymamış yağ asitlerinin oksidasyon mekanizması LOO˙: Peroksit radikal, LOOH : Hidroperoksit, LH : Yağ asidi, L˙: Yağ radikali (Pensel, 1990).

Büyük kas pigmenti olan myoglobin, ilk hematin katalizörüdür. Taze ette bulunan myoglobin ete mor-kırmızımsı bir renk vermektedir. Oksimyoglobin ete parlak kırmızı renk ve metmyoglobin kahverengimsi-gri renk vermektedir. Taze etin pişirilmesi sırasında Ferros (Fe^{+2}) formundaki hematin bileşiklerinin (deoksimyoglobin, oksimyoglobin) ferrik forma (Fe^{+3}) hızlı dönüşümü sonucunda kahverengimsi-gri renk oluşmaktadır (Love ve Pearson, 1971; Lee, 1983; Keokamnerd ve ark., 2008).

Sıcaklığın artması ve pH değerinin azalmasıyla myoglobin oksidasyonu artmaktadır. Ayrıca myoglobin oksidasyonu oranının oksijen konsantrasyonu ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Karbondioksit (CO_2) ile zenginleşmiş atmosferin et

bozulmasını geciktirdiği belirtilmektedir. Ancak karbondioksitin oksimyoglobinin metmyoglobine oksidasyonunu teşvik etmesine bağlı olarak ette istenmeyen renk değişikliğine sebep olduğu bilinmektedir (Lee, 1983).

Ferros oksimyoglobinin (Fe^{+2}) ferrik metmyoglobine (Fe^{+3}) oksidasyonu, depolama esnasında etin renk değişiminden sorumlu tutulmaktadır. Ferros demir (Fe^{+2}), moleküler oksijen ile tepkimeye girerek süperoksit anyon ($O2^{\cdot -}$) ve ferrik demir (Fe^{+3}) üretebilmektedir. Ferros demir ile H_2O_2 arasındaki reaksiyon sonucunda, ferros demir bir elektron vererek ferik iyonu ile hidroksil radikali ve hidroksit iyonunu meydana getirmektedir. Myoglobin oksidasyonunun temel mekanizması olan bu reaksiyon Fenton reaksiyonu olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1.6.) (Ladikos ve Lougovois, 1990; Halliwell ve Chirico, 1993; Chaijan, 2008).

Süperoksit, lipid oksidasyonunun aktif katalisti olarak göz önüne alınmazken H_2O_2 ve Fenton reaksiyonları yoluyla Fe^{+3} ile reaksiyona girip, hidroksil radikali oluşturarak lipid oksidasyonunun başlamasına aracılık etmektedir. H_2O_2'in myoglobin içinde, demirin oksidasyon durumunda değişikliklere neden olan ve kırmızı-kahverengi renk oluşumuna sebep olan bir oksitleyici ajan olduğu belirtilmektedir. Metmyoglobin ile H_2O_2 etkileşimi lipid peroksidasyonunun hızla başlamasına yol açabilmektedir (Chaijan, 2008).

$$Fe^{+2} + O_2 \rightarrow Fe^{+3} + O_2^{\cdot -}$$

$$2O_2^{\cdot -} + 2H^{+} \rightarrow H_2O_2 + O_2$$

$$Fe^{+2} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{+3} + OH^{-} + OH^{\cdot}$$

Şekil 1.6. Fenton reaksiyonu ile üretilen reaktif oksijen türleri (Chaijan, 2008).

Ette hematin katalizini çeşitli faktörler etkilemektedir. Bazı araştırmacılar taze ette doğal enzimatik sistemin, ferrik formu ferros formuna indirgeyerek hematin katalizini geciktirdiğini belirtmektedirler. (Lee, 1983). Hem bileşikleri, hem oranına bağlı olarak lipid oksidasyonunu artırmakta ya da azaltmaktadır (Love ve Pearson,

1971; Ladikos ve Lougovois, 1990). Hematin bileşiklerinin düşük konsantrasyonlarda prooksidan etkili olduğu, yüksek konsantrasyonda bulunduğu durumlarda ise antioksidan gibi hareket edebildiği belirtilmektedir (Love ve Pearson, 1971; Lee, 1983).

Dondurma, çözünme, tuzlama gibi işlemlerin, myoglobin, hemoglobin ve sitokrom gibi hem içeren proteinlerin bazılarının hem gruplarının salınımına neden olduğu ve bu serbest hem gruplarının lipid oksidasyon katalizörü olarak hareket ettiği belirtilmektedir (Alvarez, 1982).

1.3.6. Lipidler

Dokularda bulunan lipidlerin niteliği ve konsantrasyonu etin kokusunu, lezzetini, besleyici değerini ve raf ömrünü etkilemektedir. Dokularda lipid miktarının fazla olması, lipid oksidasyonu için potansiyel risk oluşturmaktadır (Lee, 1983).

1.3.6.1. Toplam Yağ

Ette bulunan yağlar, depo yağlar (kaslar arası) ve doku yağları (kas içi) olarak sınıflandırılmaktadır. Depo yağların temel bileşenleri trigliseritler iken, doku yağları kas dokusu arasına yayılmış ve onunla bütünleşmiş yağlar olarak tanımlanmaktadır. Kas içi yağlar, proteinler ile sıkı bir ilişki içerisindedir ve fosfolipidleri fazla miktarda içermektedirler (Love ve Pearson, 1971).

Genel olarak, yüksek yağ içeriğine sahip etlerin oksidasyona daha yatkın olduğu bildirilmektedir (Decker ve ark., 2005). Lipid oksidasyonunun bozulma derecesini lipidlerin doymuşluk durumu da etkilemektedir (Jayasingh ve Cornforth, 2002). Yapılarında bulunan doymamış yağ asidi sayısı arttıkça oksidasyon oranı ve gelişimi artmaktadır (Lee, 1983; Zanini ve ark., 2006; Anon, 2011b). Kanatlılarda lipidler ve

yapıları kaslara göre değişmektedir. Göğüs etinde fosfolipid içeriği daha yüksek, but etinde ise trigliseridler daha yüksek görülmektedir. Göğüs etinde toplam lipid dağılımı %70.1 fosfolipid, %22.2 trigliserid, %4.2 kolesterol ve %1.2 kolesterol esterleri içerirken bu oran but etinde %42.9 fosfolipid, % 51.4 trigliserid, %3.7 kolesterol ve %0.8 kolesterol esterleri olarak belirlenmiştir (De La Ossa, 2009). İskelet kaslarının oksidatif stabilitesi hayvandan hayvana farklılık göstermektedir. Hayvan türleri üzerinde yapılan çalışmalarda lipid oksidasyonuna duyarlılık sırasıyla; balık, hindi, tavuk, domuz, sığır ve kuzu eti olarak belirtilmektedir (Tichivangana ve Morrissey, 1985; Ali ve Zahran, 2010).

1.3.6.2. Fosfolipidler ve Yağ Asitleri

Oksidasyonun ilk gelişimine özellikle membranlarda bulunan fosfolipidlerin sebep olduğu düşünülmektedir (Renerre ve ark., 1999). Etin bileşiminde % 0,5-1 dolayında fosfolipid bulunmaktadır. Lipid oksidasyonunun ilk substratlarından olan fosfolipidlerin, trigliseridlerden 100 kat daha fazla yüzey alanına sahip olduğu belirtilmektedir (Decker ve ark., 2005). Membranlarda fosfolipid fraksiyonundaki çoklu doymamış yağ asitlerinin (ÇDYA) oksidasyonu sonucu oluşan serbest radikaller, nötral lipid fraksiyonundaki doymamış yağ asitleriyle reaksiyona girerek oksidasyonu genişletmektedirler (Shadidi, 2002). Ette miktarı çok az olmasına rağmen fosfolipidlerin varlığı, oksidasyona duyarlılıkları nedeniyle et kalitesinin belirlenmesinde önemli olmaktadır. Fosfolipidlerin kararsızlığı, iki veya daha fazla sayıda çift bağa sahip yağ asitleri miktarının fazlalığındandır. Örneğin, sığır eti trigliseridlerinin sadece % 0,1'i dört veya daha fazla çift bağa sahipken, sığır eti fosfolipidlerinin yağ asitlerinin % 19'unun dört veya daha fazla çift bağa sahip olduğu görülmektedir. Fosfolipidlerin yağ asitleri bileşimi, karkas bölgesine göre belirgin bir şekilde değişmektedir. Koyu rekli kaslar, beyaz renkli kaslara göre dokularındaki toplam yağ ve yağ asidi kompozisyonuna bağlı olarak daha kolay modifiye olabilmektedir. Açık renkli kasların fosfolipidleri tekli doymamış yağ asitlerini fazla miktarda içerirken, koyu renkli kasların fosfolipidlerinde çoklu

doymamış yağ asitleri daha fazla bulunmaktadır (Love ve Pearson, 1971; Karabudak, 2000; De La Ossa, 2009).

Et ve et ürünlerinde yağ asidinin tipi ve oranı , lipid oksidasyonunun gelişimini ve lezzet bozulmalarını etkilemektedir. Kırmızı et ve kanatlı etlerinin trigliseridleri oleik ve lineloik asidi fazla içerirken, fosfolipidleri linolenik ve araşidonik asidi fazla içermektedir. Balıkta bulunan fosfolipidlerin çoğunun membran sisteminde yer alması ve bunların doymamış yağ asitleri miktarının fazlalığı membran sistemlerini oksidasyona daha hassas kılmaktadır. Bunu sırayla kanatlı eti ve kırmızı et takip etmektedir (Shadidi, 2002; Decker ve ark., 2005). Çift bağların sayısı ve geometrisi ile oksidasyon hızının doğrudan bir ilişkisi bulunmaktadır. Çift bağların sayısı artarken oksijen ekli kenarlar ve oksidasyon sayısının da orantılı bir şekilde arttığı belirtilmektedir. Cis formunda bulunan yağ asitlerinin, trans formunda olan benzer yağ asitlerine göre daha hızlı okside olduğu belirtilmektedir (Jenschke, 2004).

1.3.7. pH Değeri

pH değeri; geçiş metallerinin çözünürlüğü, oksijen çözünürlüğü ile enzimatik olmayan esmerleşme (Browning) reaksiyonunun hızına olan etkisinden dolayı gıdalarda oksidasyonu etkileyen önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Velasco ve ark., 2003). pH değerinin azalması, demir çözünürlüğünün artmasını sağlayarak prooksidan, çözünürlük ve şelasyon kapasitesi üzerine etki gösterip antioksidan olarak oksidatif reaksiyonları etkilemektedir (Decker ve ark., 2005).

1.4. Postmortem Lipid Oksidasyonu

Et ve et ürünlerinde kalite bozulmasının başlıca nedenlerinden biri olan lipid oksidasyonu, kesim sonrası kasın ete dönüşümü sırasında prooksidatif ve antioksidatif faktörler arasındaki dengenin yok olması sonucu başlamaktadır (Buckley ve ark., 1995; Cascone, 2005). Etin lipid oksidasyon oranı, etteki endojen ve eksojen faktörler arasındaki dengeye bağlı oluşmaktadır. Endojen faktörler; toplam yağ içeriği, yağın tipi, yağ asidi kompozisyonu, demir bileşiklerinin miktarı, azalan bileşikler (askorbikasit vb.), doğal antioksidanlar (α-tokoferol, karnosin, anserin) ve antioksidan enzimler olup (katalaz,süperoksitdismutas vb.), eksojen faktörler ise oksijen, ısıtma, tuz eklenmesi, sıcaklık, uzun süreli depolama vb. kapsamaktadır (Min ve ark., 2008).

Otokatalitik peroksidasyon süreci, hayvanın kesiminden hemen sonra başlamaktadır. Kasın ete dönüşümü, kan akımının durması ve birçok metabolik sürecin başlamasının direk bir sonucudur. Düzenli metabolik aktivite kesimin erken dönemlerinde devam etmektedir. Kan akımının kesilmesi nedeniyle glikojen yıkımlanarak laktik asit oluşmaktadır. Dokulardaki laktik asit birikimi, pH değerini kademeli olarak azaltmakta ve hafif asidik hale getirmektedir. Myoglobin gibi kas doku bileşenleri pH değerindeki değişim ile okside ve denatüre olmaktadır. Kesim sonrası aşamada vücudun antioksidan savunma sistemleri (superoksit dismutas, glutatyon peroksidaz, transferin vb.) canlı hayvan hücrelerinde olduğu gibi aktif olmayıp, bu durum serbest radikalleri dengelemeye izin vermemektedir (Cascone, 2005; Ruban, 2009). Kaslı gıdaların oksidasyon oranı ve yayılımı kesim öncesi stres, kesim sonrası pH değeri, karkas ısısı, soğutma şekli ve süresi, elektrik stimülasyonu gibi durumlardan etkilenmektedir. (Buckley ve ark., 1995; Ruban, 2009; Anon, 2011a).

Post mortem karkasda anaerobik ortamın oluşması, dokuda bulunan ksantin dehidrogenaz enziminin ksantin oksidaza dönüşmesine neden olmaktadır. Ksantindehidrogenaz, elektronlarını hipoksantinden NAD+'ye taşırken, ksantin oksidaz elektronlarını doğrudan moleküler oksijene iletmekte ve oksidatif

reaksiyonları katalizleyerek süperoksit ve hidrojen peroksit oluşumuna neden olmaktadır. Biyolojik dokularda bu oksijen ürünleri, redoks demir varlığında lipid oksidasyonunun temel başlatıcısı olan hidroksil radikallerini oluşturmaktadır (Karabudak, 2000).

Lipid oksidasyonunun başlama ve gelişme aşamalarında oluşan aktif oksijen formları ile serbest radikalleri bağlama özelliği olan askorbat, NAD(P)H ve glutatyon gibi indirgen maddelerin miktarları post mortem depolamada azalmakta, buna bağlı olarak kas dokusunda lipid oksidasyonu artmaktadır. Post mortem dönemde ferritinden düşük molekül ağırlıklı demir serbest kalmakta, kas hücresi myoglobin ve hemoglobin gibi bileşiklerini indirgen formda tutma özelliklerini yitirmeye başlamaktadır. Bu bileşikler demir (III) formunda olan metmyoglobin ve methemoglobine okside olmaktadır. Methemoglobinin hidrojen peroksitle reaksiyona girmesiyle de ferri oksen (Fe^{+4}) oluşmakta ve lipid oksidasyonu başlamaktadır (Kanner, 1994; Karabudak, 2000).

1.5. Etlere Uygulanan İşlemlerin Lipid Oksidasyonu Üzerine Etkisi

Boyut küçültme (öğütme, kat kat ayırma, iri doğrama), pişirme, dondurup-çözdürme ve uzun süre depolama ile kas membran bütünlüğü bozulmakta ve lipid bileşiklerinin oksijene maruz kalması sonucu etlerde önemli oksidatif değişiklikler meydana gelmektedir (Ladikos ve Lougovois, 1990; Buckley ve ark., 1995; Botsoglou ve ark. 2002). Et yapısında değişiklik yapılması, etin kıyma haline getirilmesi ve pişirme gibi işlemlerde kas membran yapısında oluşan bozulmalar, çoklu doymamış yağ asitleri ile prooksidanların temasını kolaylaştırarak serbest radikallerin oluşumunu ve oksidatif reaksiyonun yayılmasını hızlandırmaktadır (Buckley ve ark., 1995; Konyalıoğlu, 2001).

1.5.1. Boyut Küçültme

Günümüzde kanatlı eti üretim ve tüketimi dünyanın pek çok yerinde sürekli artmaktadır. Bu artan üretim, ürünlerin gelişmesine yeni yaklaşımlar sağlamaktadır. Mekanik ayrılmış kanatlı eti (MAKE) bu tür çeşitlilik için iyi bilinen ve sık kullanılan bir uygulama olup, düşük maliyeti, besleyici ve fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra, pek çok et ürünleri için uygun bir formülasyon olmaktadır (Pettersen ve ark., 2004). Mekanik ayrılmış et (MAE), karkastan büyük parça etlerin ayrılmasından sonra kemik yüzeyinden mekanik yolla elde edilen et olarak tanımlanmaktadır. Bu şekilde elde edilen ürün, etin türüne göre mekanik ayrılmış piliç eti, mekanik ayrılmış hindi eti, mekanik ayrılmış balık eti veya mekanik ayrılmış dana eti olarak adlandırılmakta ve besin öğesi içeriği bakımından elde edildiği karkasa benzerlik göstermektedir. Mekanik ayrılmış kanatlı etleri (MAKE) besin içeriği ve fonksiyonel özelliklerinden dolayı salam, sosis gibi emülsiye ürün ve köfte, burger gibi birçok ileri işlenmiş gıda üretiminde kullanılmaktadır (Lee ve ark., 1997; Kolsarıcı ve ark., 2004).

MAKE ürünlerinin en önemli sorunu, kötü tat ve kokuya sebep olan lipid oksidasyonunun oluşmasıdır (Lee ve ark., 1997). Mekanik olarak ayrılmış kanatlı eti, parçalama makinesinin kırpma ve karıştırma hareketlerinde ürünün yüksek ölçüde hava ile temas etmesi ve ürünlerin doğal yapısı (kemik iliği, heme pigmentleri ve lipidler) nedeniyle hızlı ve kolayca okside olabilmektedir. Bunun yanında yüksek miktarda doymamış yağ asitleri ve az miktarda doğal tokoferolleri içermesi, MAKE'nin yüksek oksidatif potansiyeline katkıda bulunmakta ve raf ömrünün kısalmasına neden olmaktadır. Mekanik olarak kemiği ayrılan kümes hayvanlarında, oksidasyonun en büyük katalisti olan hemoprotein (hemoglobin ve nonhem demir) salınımı hızlanmaktadır (Mielnik ve ark., 2003; Gomes ve ark. 2003; Pettersen ve ark., 2004).

Etin kıyma haline getirilmesinden yaklaşık 1 saat sonra oksidasyon başlayabilmektedir (Keokamnerd ve ark., 2008). Etin küçük parçalara ayrılmasıyla hücre zarlarında bulunan E vitamini, elektron ve hidrojen vericiler gibi hücresel

koruyucu bileşiklerin yapısı bozulmakta, lipid bileşikleri ve diğer oksidatif katalizörler oksijene maruz kalmakta ve dokulara daha fazla oksijen girmesinden dolayı lipid peroksidasyonunda hızlı bir artış meydana gelmektedir (Buckley ve ark., 1995; Keokamnerd ve ark., 2008). Al-Dughaym ve Al-Tabari(2010) Arabistanda bir markette satılan on çeşit piliç eti ürünlerinden toplam 100 adet örnekte piliç etinin kalite ve güvenliğini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada, parçalanmış ve kıyma haline getirilmiş numuneler ile yağ içeriği yüksek olan örneklerin TBA değerlerinin diğerlerine göre çok yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

1.5.2. Dondurarak Depolama

Günümüzde, insanların gıdaları doğal durumlarına en yakın şekliyle tüketme isteği, besinlerin donmuş durumda depolanmasının daha çok yaygınlaşan bir teknoloji olmasını sağlamaktadır. Dondurarak depolama et ve et ürünleri için sık kullanılan bir koruma metodu olup, ette birçok istenmeyen değişikliği engellemektedir. Ancak, ürün kalitesini etkileyen bazı oksidatif reaksiyonlar hala meydana gelebilmektedir (Wilkes ve ark., 2000; Govaris ve ark., 2005; Makri, 2008; Popova ve ark., 2009).

Gıdaların yapısında bulunan serbest su, dondurma teknolojisi ile buz kristallerine dönüşmekte ve ortamın su aktivitesinin yanı sıra sıcaklığın da düşürülmesiyle bozulmaya neden olan kimyasal ve mikrobiyolojik aktiviteler yavaşlatılmaktadır. Dondurarak muhafaza sırasında meydana gelen en önemli sorunlardan birisi, hücre içi ve hücreler arası oluşan buz kristalleri sonucu dokuda hasar riskinin oluşmasıdır. Dondurma mitokondri, lizozom gibi organellerin parçalanmasına neden olmakta ve hücre membranına mekanik zararlar vermektedir (Lee, 1983; Makri, 2008).

Donmuş olarak muhafaza edilen et ve et ürünlerinin lipid oksidasyonuna dayanıklı olduğu bir çok çalışmada gösterilmiştir. Yapılan bir çalışmada -18°C'de 14,5 hafta muhafaza edilen sığır eti örneğinin, taze haliyle kıyaslandığında TBA değerleri arasında çok az bir fark oluştuğu belirtilmektedir (Lee, 1983). Çiğ sığır ve

domuz etinde yapılan bir araştırmada -20°C'de kısa süreli dondurmada TBA değerinde önemli bir değişim olmadığı tespit edilmiştir (Pensel, 1990).

Et bileşenlerinin oksidasyon kararlılığı buzdolabı veya dondurarak saklama koşullarında artırılabilse de tamamen durdurulamamaktadır. Bu nedenle, gıdaların muhafazası sırasında lipid oksidasyonunun kontrolü ve izlenmesi önemli olmaktadır (Pegg, 2001; Nam ve ark., 2002).

Grau ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışmada çiğ piliç but etinin başlangıç, -20°C depolama şartlarında 3,5. ve 7. aylarda ortalama TBA değeri sırasıyla 0.566, 0.610, 0.683 mgMA/kg olarak tespit edilmiştir. Ergönül ve Kundakçı (2006) çiğ piliç dönerleri üzerine yaptıkları çalışmada, başlangıçta 0.278 mgMA/kg olan TBA değerini, -18°C depolama şartlarında 1.ay, 2. ay ve 3. ayda sırasıyla 0.312, 0.395 ve 0.462 mgMA/kg olarak bulmuşlardır. Taze ve tütsülenmiş piliç etlerinde yapılan bir çalışmada, etler -18°C'de 6 ay muhafaza edilmiş ve bu sürenin sonunda MA düzeyinin taze etlerde 0.90'dan 1.19 mgMA/kg'a, tütsülenmiş etlerde de 0.63'ten 0.71 mgMA/kg'a yükseldiği belirtilmiştir (Modi ve ark. 2004). Mielnik ve ark. (2003) hindi etinde lipid oksidasyonu gelişimi üzerine yaptıkları araştırmada, -25°C'de muhafaza ettikleri örneklerin TBA değerini başlangıçta 0.122 mgMA/kg olarak bulurken, 2. ay sonunda 0.172 mgMA/kg, 4,5. ay sonunda 0.290 mgMA/kg ve 7. ay sonunda ise 0.731 mgMA/kg olarak bulmuşlardır. Kolsarıcı ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada; mekanik ayrılmış piliç sırt eti, mekanik ayrılmış piliç göğüs eti ve mekanik ayrılmış piliç boyun etinde TBA değerlerini başlangıçta sırasıyla 0.23, 0.13, 0.12 mgMA/kg olarak bulurken, -18°C'de 120 gün depolama sonunda bu değerlerin sırasıyla 0.87, 0.76, 0.69 mgMA/kg'a yükseltiğini bildirmişlerdir. Fileto balık eti üzerine yapılan bir çalışmada, başlangıçta 0.092 mgMA/kg olan TBA değerinin, -22°C'de 340 gün depolama sonunda 0.236 mgMA/kg'a yükseldiği bildirilmiştir (Makri, 2008). Tokur ve ark. (2006) yıkanmış ve yıkanmamış balık kroket üzerine yaptıkları çalışmada -18˚C'de 5 ay muhafaza sonunda yıkanmamış örneklerde TBA değerinin 0.17 mgMA/kg'dan 0.27 mgMA/kg'a, yıkanmış örneklerde 0.20 mgMA/kg'dan 0.25 mgMA/kg'a yükseldiğini bildirmişlerdir. Yıkanmış örneklerde başlangıçta TBA değerinin daha yüksek çıkma sebebinin

yıkama işlemi ile bazı doğal antioksidanların yok olmasından kaynaklanabileceğini değerlendirmişlerdir. Lopez ve ark. (1998) etlik piliçlerde lipid oksidasyonu üzerine yaptıkları çalışmada, kontrol grubunun göğüs etinde TBA değerinin başlangıçta 0.15 mgMA/kg iken, -20°C'de 4 ay muhafazası sonunda 1.19 mgMA/kg'a, but etinde ise 0.10 mgMA/kg'dan 1.19 mgMA/kg'a yükseldiğini, antioksidanla zenginleştirilmiş diyetle beslenen örneklerin göğüs etinde TBA değerini 0.12 mgMA/kg'dan 0.39 mgMA/kg'a, but etinde ise 0.08 mgMA/kg'dan 0.34 mgMA/kg'a yükseldiğini bildirmişlerdir. Çaklı ve ark. (2003) no-frost koşullarda depolanan sardalya balıklarının kalite kriterleri üzerine araştırma yapmışlar, başlangıçta TBA değerini 0.50 mgMA/kg olarak bulurken, 140 gün depolama sonunda 4.76 mgMA/kg olarak tespit etmişlerdir.

Donmuş ette oksidasyon gelişimi, buzdolabında muhafaza edilen ete göre daha yavaş gelişmekte, dondurarak depolama ve dondurma şartlarına bağlı olarak et kalitesi etkilenmektedir (Pensel, 1990). Dondurma işleminin, myoglobin, hemoglobin ve sitokrom gibi hem içeren proteinlerin bazılarının hem grupların salınımına neden olduğu bilinmekte, bu serbest hem gruplarının lipid oksidasyonunu katalizlediği belirtilmektedir (Alvarez, 1982).

Çizelge **1.1.** Bazı et ve et ürünlerinin -18°C'de depolama süreleri (Karabudak, 2000).

Et çeşidi	**Depolama süresi (ay)**
Sığır (bütün)	8-12
Rosto, biftek (paketlenmiş)	12
Kıyma halinde (paketlenmiş-tuzsuz)	4-8
Dana (rosto)	8-10
Dana (iri doğranmış)	6-8
Koyun	6-10
Domuz	4-6
Kanatlı etleri	6-8

Dondurarak depolama süresince, hem fosfolipid fraksiyonlarının hem de trigliseritlerin lipolizi meydana gelmekte, fakat ilk önce fosfolipidler okside olmaktadır. Kısa süre için dondurarak depolamada trigliseritler, acılaşma gelişiminde

pek önemli olmazken, uzun süre depolamalarda önemli bir rol oynamaktadır (Pensel, 1990; Ericson, 1997).

Etlerin dondurarak depolanması esnasında, askorbik asit konsantrasyonunun azaldığı gözlenmektedir. Düşük düzeydeki askorbik asit, geçiş metallerini hidroperoksitlerin serbest radikallere parçalanmasında katalizör rolü üstlenen şekle çevirerek prooksidan gibi etki göstermekte, buna karşın yüksek konsantrasyonlardaki askorbik asit ise oksijen ve serbest lipid radikallerini temizleyerek bir antioksidan gibi etki göstermektedir (Ericson, 1997; Bou ve ark., 2006; De La Ossa, 2009).

1.5.3. Pişirme

Etin tüketim öncesi pişirilmesiyle sindirilebilirliği daha yüksek hale gelmektedir. Ülkeler ve kültürler arasında farklı pişirme yöntemlerinin uygulanmasından dolayı ette ulaşılan sıcaklıklar arasında büyük farklılıklar oluşmaktadır. Isıl işlem, lipid oksidasyona bağlı olarak besinsel değerin düşmesi gibi istenmeyen değişimlere sebep olabilmektedir (Hernandez ve ark., 1999).

Genellikle lipid oksidasyonu, ısıtılan etlerde çiğ etlere göre daha hızlı oluşmaktadır (Pensel, 1990; Jayasingh ve Cornforth, 2002; Onibi ve Osho, 2007; Botsoglou ve ark. 2002). Eti pişirmek, çoğunlukla onun oksidatif durumunu etkileyen yapısal değişikliklerin oluşmasına neden olmaktadır. Antioksidan (glutatyon peroksidaz ve katalaz) enzimlerin ısıtma ile kaybı, myoglobin ve hidroperoksitlerin ayrışması sonucu prooksidan türlerin (alkoksi ve hidroksil radikalleri) oluşması bu değişikliklerden bazılarıdır (Min ve ark., 2008; De La Ossa, 2009; Ahn ve ark., 1998; Tang ve Cronin, 2007).

Ürünün bir kez pişirilmesi ile hücre yapısı bozularak enzimler inaktive olmakta ve oksimyoglobinden oksijen salınmaktadır. Bu salınan oksijen, hidrojen peroksit meydana gelmesine sebep olmakta ve oluşan hidrojen peroksit porfirin yapısını

bozup serbest demirin ayrılmasına neden olarak lipid oksidasyonunu başlatmaktadır (Jenschke, 2004). Ayrıca, pişirme sırasındaα -tokoferol gibi endojen antioksidanlar kaybolmaktadır (De La Ossa, 2009).

Newburg ve Concon (1980) yaptıkları çalışmada, çiğ piliç etinde TBA değerini 0.44 mgMA/kg, 12 dakika mikrodalga pişirme sonrası 2.88 mgMA/kg, 30 dakika haşlama sonrası 2.43 mgMA/kg, 177°C'de 110 dk pişirme sonrası 5.23 mgMA/kg olarak saptamış ve pişirme süresinin ve şeklinin malonaldehit oluşumunda etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Soyer ve ark. (1999) yaptıkları çalışmada; çiğ piliç but etinde 0.35, göğüs etinde ise 0.28 mgMA/kg olarak tespit ettikleri TBA değerlerini, but ve göğüs etinde sırasıyla mikrodalga ile pişirilenlerde 2.08 mgMA/kg ve 1.47 mgMA/kg, elektrikli fırınla pişirilenlerde 1.97 mgMA/kg ve 1.30 mgMA/kg, haşlananlarda ise 1.94 mgMA/kg ve 1.76 mgMA/kg olarak bulmuşlar; piliç but ve göğüs etlerinin TBA değerlerinin çeşitli pişirme yöntemleri ile etkilendiğini ve çiğ örneklere göre yaklaşık 5,5 kat arttığını belirtmişlerdir.

Etin pişirildikten sonra soğuk muhafazası sırasında kısa sürede kötü ve kabullenilmez bir tat meydana gelmekte ve bu olay ''ısıl işlem sonrası oluşan oksidatif lezzet (WOF)'' olarak bilinmektedir. Pişmiş etin depolanması sırasında fosfolipidlerin değişikliğe uğrayarak kötü tada (WOF) sebep olduğu düşünülmektedir. Fosfolipid bileşiklerinin stabilitesinde önemli olan fosfatidil etanolamin ve fosfatidil kolin, pişirme sırasında farklı olmaktadır. Fosfatidil etanolamin, fosfatidil koline göre daha hızlı hidroliz olmaktadır. Pişmiş ette PE, oksidatif durumu belirlemek için esastır. Çünkü oksijen ile kolayca reaksiyona girerek tüm fosfolipidler arasında toplam MDA'nın %70-77' sini üretmektedir (De La Ossa, 2009; Keeton ve ark., 2001; Nam ve ark., 2002).

Eti pişirme işleminde; pişirme tipi, sıcaklığı ve süresi önemli olmaktadır. Kısa sürede, düşük pişirme sıcaklıklarında oksidatif dayanıklılığın daha fazla olduğu,

mikrodalga fırında pişirme ile elde edilen sonuçların, konveksiyon ocakta pişirme ile elde edilen sonuçlardan daha düşük lipid oksidasyon ürünleri verdiği belirtilmektedir (Karabudak, 2000).

1.6. Lipid Oksidasyonunu Ölçüm Yöntemleri

Et ve et ürünlerinde lipid oksidasyonunu belirlemek amacıyla fiziksel (polarografi, infared spektroskopi, refraktometri, flüoresans ve konjugat dien metodu) ve kimyasal (peroksit değeri, Kreis test, total ve uçucu karbonil bileşiklerinin tespiti ve Tiyobarbiturik asit test) pek çok analitik yöntem geliştirilmiştir (Fernandez ve ark., 1997). Bu ölçüm teknikleri meydana gelen primer veya sekonder değişikliklere göre takip edilebilmektedir. Eğer primer değişiklikler varsa; oksijen alımı, çoklu doymamış yağ asitlerinin kaybı, hidroperoksitlerin meydana gelmesi (Peroksit değeri) değerlendirilmektedir. Sekonder değişiklikler oluştuysa; karbonillerin oluşumu (dinitrofenil hydrazonelar veya gaz kromatografik ölçümleri), malonaldehit oluşumu (TBA testi), hidrokarbonların oluşumu (pentan gibi) ölçülebilmektedir (Ladikos ve Lougovois, 1990; Kanner ve Rosenthal, 1992; Mirghani ve ark., 2001; Muik ve ark., 2005; Ross ve Smith, 2006; De La Ossa, 2009).

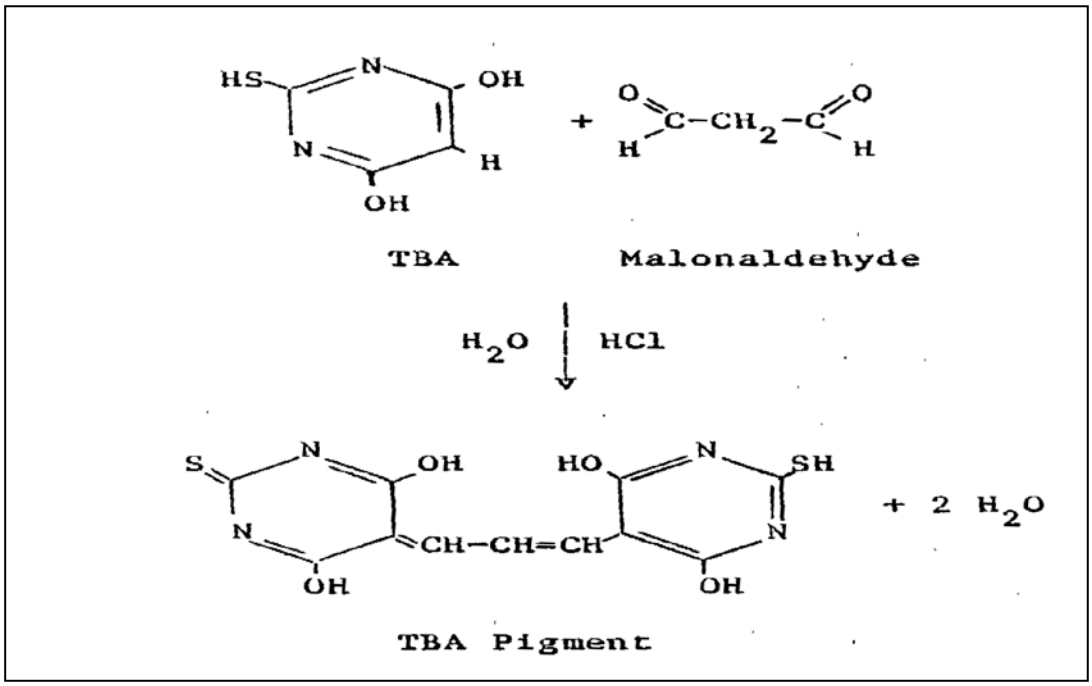
Lipid oksidasyonunun ilk ürünleri olan lipid peroksitlerinin tayini iki farklı metodla izlenebilmektedir. Bunlardan biri, oluşan peroksitlerin iyodür ile reaksiyona girerek iyot oluşturması ve oluşan iyotun titrimetrik yöntemle tayin edilmesi esasına dayanan iyodometrik yöntem, diğeri ise oluşan peroksitlerin Fe(II) iyonlarını Fe(III)'e yükseltgemesi ve ortama eklenen tiyosiyanat ile oluşturulan kompleksin spektrofotometrik olarak saptanması esasına dayanmaktadır. Peroksitler hızlı bir şekilde ikincil ürünlere parçalandıkları için bu yöntem daha çok peroksitlerin yıkımının başladığı, düşük sıcaklıklarda kısa süre saklanan çiğ ürünlerde tercih edilmektedir. Uzun süre depolanan ürünlerde peroksit tayini ile lipid oksidasyonunu ölçmenin doğru sonuçlar vermeyebileceği bildirilmektedir (Ladikos ve Lougovois, 1990; Fernandez ve ark., 1997; Gomes ve ark., 2003; Decker ve ark., 2005; Hamed ve Allam, 2006; Ross ve Smith, 2006).

Pişirilen etlerin buzdolabı sıcaklığında saklanması gibi oksidasyonun hızlandığı ve ikincil ürünlerin birikiminin hızla meydana geldiği durumlarda lipid oksidasyonunu belirlemek amacıyla, ikincil oksidasyon ürünlerinin ölçümü değerlendirilmektedir (Ross ve Smith, 2006).

Bu ölçümlerden biri olan Anisidin değeri ölçümü (AV) sekonder oksidasyon ürünleri ile p-anisidin arasındaki reaksiyonun 350 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak izlenmesi amaçlamaktadır. Bu test başlıca 2-enal olmak üzere yüksek molekül ağırlıklı doymuş ve doymamış karbonil bileşiklerini ölmekte, 232 nm ve 270 nm'de sırasıyla konjuge dienler ve trienler için spesifik olduğu belirtilmektedir (Muik ve ark., 2005). Et ve et ürünlerinde lipid oksidasyonunu tespit amacıyla kullanılan diğer yöntemler arasında yüksek basınçlı sıvı kromotografisi (HPLC) ve gaz kromotografisi de (GC) bulunmaktadır. Yüksek basınçlı sıvı kromotografisi (HPLC) ile gaz kromotografisinin, spektrofotometrik yöntemden daha duyarlı ve spesifik olduğu, analiz süresinin uzun olmasının ise önemli bir dezavantaj olduğu belirtilmektedir (Grau ve ark., 2001).

İkincil oksidasyon ürünlerinin tespitinde kullanılan bir diğer yöntem olan Tiyobarbiturik Asit (TBA) testi hızlı ve basit olması nedeniyle kırmızı ve kanatlı etlerdeki lipid oksidasyon düzeyini belirlemek amacıyla uzun yıllardan beri yaygın olarak kullanılmaktadır (Jo ve Ahn, 1998; Hernandez ve ark., 1999; Gomes ve ark., 2003; Ross ve Smith, 2006). TBA testi, lipid oksidasyonu sonucu oluşan sekonder bir aldehit olan malonaldehit (MA) ile TBA arasındaki reaksiyon sonucu meydana gelen kırmızı kromojen absorbansının belirlendiği kolorometrik bir teknik olarak tanımlanmaktadır (Bodsoglou, 1994; Ulu, 2004; Mirghani ve ark., 2001; Badcock ve ark., 2007). TBA reaktifi malonaldehit dışında oksidasyonun ikincil fazında lezzet bozukluklarından sorumlu diğer aldehitlerle (alkanlar, 2 – alkenler ve dienaller) reaksiyona girebildiği gibi aldehitler dışında ketonlar, ketosteroidler, asitler, esterler, şekerler, imidler, amidler (üre), aminoasitler, okside proteinler, piridinler ve pirimidinler gibi diğer maddelerle de reaksiyona girebilmekte ve oluşan yapıya TBARS (TBA ile reaksiyona giren maddeler) denilmektedir. TBA'nın bu özelliği, molekülün C-5 pozisyonundaki metilen gruplarının kararlılığının bir sonucu

olmaktadır (Guillen-Sans ve Guzman-chozas, 1998; Grau A. ve ark., 2001; De La Ossa, 2009). TBA testinde distilasyon ve ekstraksiyon yöntemleri kullanılmaktadır. Distilasyon yöntemi ekstraksiyon yöntemine göre daha duyarlı olup, distilasyon işleminden dolayı daha uzun sürmektedir (Bodsoglou, 1994; Hernandez ve ark., 1999).



Şekil 1.7. TBA-MDA tepkimesi sonucu TBA pigment oluşumu (Pensel, 1990).

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından, tavuk parça etleri-but (TS 12325) ve tavuk parça etleri-göğüs'te (TS 12326) oluşan lipid oksidasyon düzeyini ölçmede TBA testi önerilmekte ve bu değerin en fazla 1 mg malonaldehit/kg olabileceği belirtilmektedir (Anon, 1997a; Anon, 1997b).

1.7. Lipid Oksidasyon Ürünlerinin Sağlık Üzerine Etkisi

Lipid oksidasyonunun gıdalarda oluşturduğu istenmeyen etkilerinin dışında son zamanlarda üretici ve tüketici açısından da çok önemli sağlık sorunlarına sebep olabileceği belirtilmektedir. Lipid hidroperoksitleri ve onun bozunma ürünleri

proteinler, zar ve biyolojik bileşenlerinin zarar görmesine neden olarak hayati hücre fonksiyonlarını etkileyebilmektedir (Frankel, 1980; Ladikos ve Lougovois, 1990). Et ve et ürünlerinin hazırlık ve saklama aşamasında çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu oluşan çok sayıdaki bileşiklerin (hidroperoksitler, aldehitler, ketonlar, oxysterols, vb gibi kolesterol oksitler) mutajenik, sitotoksik ve karsinojenik etkileri olduğu düşünülmektedir (Colmenero ve ark., 2001). İnsan sağlığına olumsuz etkileri olan bu bileşiklerin kalp-damar hastalıkları ve nörodejeneratif bozukluklara da sebep olduğu belirtilmektedir (Buzzard, 2002). Lipid peroksidasyonunun, hücre zarının lipid yapısındaki değişikler nedeni ile hücre zarı işlevinin bozulması, oluşan serbest radikallerin enzimler ve diğer hücre bileşenleri üzerine zararlı etkisi, son ürünler olan aldehitlerin sitotoksik etkileri ile hücre hasarına neden olduğu düşünülmektedir. Oksidasyon ürünlerinin insan sağlığı üzerindeki etkisi; lipid peroksitleri, kolesterol oksidasyon ürünleri (oxysterols) ve malonaldehit olarak üç başlıkta değerlendirilebilmektedir (Frankel, 1984; Ladikos ve Lougovois, 1990).

Genel oksidasyon ürünleri, kardiyovasküler ve aterogenez sorunlarının başlatıcısı olarak kabul edilmektedir. Düşük dansiteli lipoprotein (LDL)'in serbest radikallerin etkisi sonucu modifiye olması, aterosklerozun başlamasında ve gelişmesinde en önemli faktör olarak kabul edilmektedir. LDL oksidasyonu; LDL yapısındaki doymamış yağ asitlerinin lipid peroksidasyonu ile yıkımlanarak, birçok reaktif aldehit, oxysterol ve diğer peroksidasyon ürünlerinin oluştuğu bir serbest radikal reaksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Okside LDL partikülleri kemotaktik, sitotoksik ve immünojenik özellik göstermektedirler. Son yıllarda oxysterol oluşumunun kontrolü, insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerinden dolayı artmaktadır. Oxysteroller insan vücudunda endojen olarak veya gıdalarda (kolesterol ile serbest radikal reaksiyonu) kolesterol oksidasyonu ile oluşabilmekte ve gıdalarla alımıyla aterojenik, mutajenik sitotoksik ve kanserojen etkilere sebep olabilmektedir (De La Ossa, 2009).

Malondialdehit (MDA), doymamış yağların oksidasyonu sonucu oluşan en büyük ve toksitesi üzerine en fazla araştırma yapılan bileşik olarak belirtilmektedir (Botsoglou ve ark., 1994). MDA, eritrositlerin membranlarında lezyonlar oluşturarak

hücre içi oksidatif strese neden olmaktadır. MDA'nın insan hücrelerinde DNA ile reaksiyona girerek mutajenik ve genotoksik etki gösterdiği, MDA'lı gıdaların tüketiminin ciddi sağlık riskleri oluşturabileceği belirtilmektedir (Okolie ve ark., 2009). Perokside olmuş gıdaların tüketilmesi üzerine yapılan hayvan araştırmaları ve biyokimyasal çalışmaların sonuçlarında kalp hastalığı, kanser ve erken yaşlanmaya sebep olduğu, tümör ve aterosklerozu arttırdığı gözlenmiştir. (Botsoglou ve ark., 1994; Okolie ve ark., 2009; Shamberger ve ark., 1977). Lipid hidroperoksitlerinin intravenöz verildiğinde çok toksik olmalarına karşın oral alındıklarında daha az toksik olduğu saptanmıştır. Bu durumun, emilim öncesi midede bir değişim sonucu olduğu düşünülmektedir. Peroksitler ve emilmeyen lipid oksidasyon ürünleri bağırsak mukozasını bozduğu için besin öğelerinin emilimini de bozmaktadırlar. Hidroperoksitlerden daha toksik olan ikincil oksidasyon ürünleri, ağız yoluyla alındıktan sonra dolaşım sisteminde tam olarak emilerek, vücut dokularında bulunan diğer lipid oksidasyon ürünlerine etki etmektedirler. Yüksek molekül ağırlıklı polimerik materyallerin iyi emilmediği, bu nedenle monomerik ve dimerik bileşiklerden çok daha az toksik olduğu belirtilmektedir. Polimerlerin sindirim yolundaki hidrolizi ve emilimi sınırlı olsa da, aldehitler metabolik değişikliklerden sorumlu başlıca bileşikler olarak tanımlanmakta ve bu toksik maddelerin miktarları fazla olmamakla birlikte günlük tükettiğimiz besinlerde bulunduğu belirtilmektedir (Karabudak, 2000). Tüm bu nedenlerden ötürü lipid oksidasyonuyla gıdalarda meydana gelen bileşimler, halk sağlığını ciddi ölçüde tehdit edebilmektedir (De La Ossa, 2009; Ladikos ve Lougovois, 1990).

Bu çalışmada, piliç karkaslarında oksidatif ransiditeyi belirlemek için lipid oksidasyonunun göstergesi olarak kabul edilen TBA düzeylerinin (µg malonaldehit (MA)/g numune olarak), TSE tarafından önerilen tiyobarbitürik asit (TBA) testi ile saptanarak elde edilen verilerin hem ürün kalitesi, hem de halk sağlığı açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Gereç

Bu çalışmada, 2010 yılında farklı tarihlerde Adapazarı bölgesine ait kanatlı kesimhanesinden kesim günü alınan 1400-1600 gr. ağırlığında 25 bütün piliç karkası materyal olarak kullanılmıştır. Örnekler, soğuk zincir altında aseptik koşullarda laboratuara getirildikten sonra TBA ve pH yönünden analiz edilmiştir. Daha sonra karkaslar lipid oksidasyonu gelişiminin değerlendirilmesi açısından iki eşit parçaya ayrılmış, polietilen yapıdaki poşetler içerisine konulup parçalara numaralar verilerek bir yarımı 3. ay diğer yarımı 6. ay TBA ve pH yönünden analiz edilmek üzere -18°C'de dondurularak depolanmıştır. Depolama sürelerinin son bulduğu tarihlerde örnekler analize alınmadan önce buzdolabında (+4°C) yaklaşık 12 saat bekletilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında 2010 yılında farklı tarihlerde Gölcük piyasasından temin edilen 1400-1600 gr. ağırlığında 25 piliç karkas örneğinin de TBA ve pH yönünden analizleri yapılmıştır.

2.2. Yöntem

Her bir piliç karkas örneğinden, aseptik koşullarda numuneler alınarak TSE'nin önerdiği yönteme göre TBA ve pH yönünden analize alınmıştır.

2.2.1. Tiyobarbitürik Asit Tayini

Tiyobarbitürik asit tayini için bütün piliç örneklerinin but ve göğüs bölümlerinden numune alındı ve hassas terazi (APX 323 marka) kullanılarak 10'ar gram tartıldı. Blendere konulan örneklerin üzerine 50 ml distile su ilave edilerek 2 dakika süre ile parçalandı. Blenderdaki içerik 47,5 ml distile su ile ağzı traşlı balonun içine yıkanıp boşaltıldı ve üzerine 2,5 ml 4 M/I Hidroklorik asit (Merck, 100317) konularak pH

değeri 1,5'e ayarlandı. Balon içerisine kaynama taşı konularak balon distilasyon ünitesine yerleştirildi ve yaklaşık 10 dakikada 50 ml distilat elde edilmesi sağlandı. Erlen içerisine toplanan distilat, iyice çalkalandıktan sonra 3 tüpe 5'er ml transfer edildi. % 90 Glasiyel asetik asit (Merck, 131830) ile hazırlanmış olan 0,02 M 2-Tiyobarbitürik asit (Merck, 108180) standart çözeltisinden her tüpe 5 ml ilave edilerek su banyosuna yerleştirildi ve 35 dakika kaynama halindeki su banyosunda ısıtıldı. Ayrıca blank için 5 ml distile su ve 5 ml TBA standart çözeltisi bir tüpe konularak numuneye uygulanan işlemlere tabi tutuldu. Daha sonra tüpler musluk altında akar suda soğutuldu. Her numuneye ait 3 tüpdeki solüsyonun optik yoğunluğu, blanke karşı 538 nanometre dalga boyuna ayarlanmış olan spektrofotometre'de (CE 2410, UV/VIS) okundu ve okunan değerlerin ortalaması alındı. Numunedeki TBA miktarı mgMA/kg olarak aşağıdaki formülle hesaplandı (Anon, 1995).

TBA= a X 7,8 mgMA/kg

a: Numunenin spektrofotometrede okunan absorbansıdır.

2.2.2. pH Değeri Tayini

pH metre, pH 4.0 ve pH 7.0 değerine sahip iki tampon çözelti kullanılarak kalibre edildi. Numunelerin sıcaklığı 20 ± 2°C aralığına ayarlandı. But ve göğüs eti pH değerleri 0,01 pH birimi yaklaşımla doğrudan Crison Basic 20 model cihazdan okundu (Anon, 2002).

2.2.3. İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel yönden degerlendirilmesinde SPSS17.0 paket programı kullanıldı. Kanatlı kesimhanesinden alınan örneklerin birbiri arasındaki farklılığı incelemek için Anova testi ile istatistik analiz yapıldı. İkili karşılaştırmalarda Post Hoc test uygulandı. Piyasada satılan örnekler ile kanatlı kesimhanesinden alınan başlangıç örneklerinin karşılaştırılmasında T testi (İndependent Samples Test) uygulandı.

3. BULGULAR

Bu çalışmada Adapazarı bölgesine ait kanatlı kesimhanesinden kesim günü alınan 25 piliç karkası ile Gölcük civarında satışa sunulan 25 piliç karkası TBA ve pH yönünden analiz edilmiştir. Kanatlı kesimhanesinden alınan taze piliç karkaslarının başlangıç (0. gün), -18°C'de depolama şartlarında 3. ve 6. ay TBA değerleri ile but ve göğüs eti pH değerleri Çizelge 3.1'de, ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi kanatlı kesimhanesinden alınan piliç örneklerinin TBA değerleri 0,039 – 1,622 mgMA/kg arasında değişmiştir. Kanatlı kesimhanesinden alınan örneklerden 24'ü (%96) TSE tarafından piliç gövde etlerinin TBA sayısı için maksimum limit değeri olarak belirtilen 1 mgMA/kg sınırına uygun olmasına karşın; 1'inin (%4) TSE tarafından belirtilen limit değeri aştığı saptanmıştır. Çizelge 3.1'de verilen değerler ışığında kanatlı kesimhanesinden alınan örneklerin Çizelge 3.2'te görüldüğü gibi TBA değerleri 0. gün, 3.ay ve 6.ay ortalamaları sırasıyla; 0.142, 0.244, 0.301 mgMA/kg değerlerine sahiptir. pH değerleri ise göğüs etinde 0. gün, 3.ay ve 6.ay ortalaması sırasıyla; 5.95, 5.74, 6.04, but etinde ise sırasıyla 6.33, 6.15, 6.33 değerlerine sahiptir.

Örnekler arasındaki farkı incelemek için Anova testi uygulanmıştır. Tüm örneklerin TBA değerleri birbiri arasında karşılaştırıldığında aradaki farkın istatiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Göğüs ve but eti pH değerleri kendi aralarında karşılaştırıldığında örnekler arası farkın istatiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Çizelge 3.1. Kanatlı kesimhanesinden değişik zamanlarda alınan piliç örneklerinin TBA ve pH değerleri.

NUMUNE SAYISI	TBA (mgMA/kg)			PH					
				GÖĞÜS			BUT		
	0. GÜN	3. AY	6. AY	0. GÜN	3. AY	6. AY	0. GÜN	3. AY	6. AY
1	0.226	0.382	0.413	5,90	5,7	6,1	6,32	6,11	6,34
2	0.070	0.078	0.093	5,98	5,67	6,01	6,33	5,88	6,29
3	0.117	0.156	0.179	5,89	5,65	5,9	6,28	6,24	6,29
4	0.187	0.312	0.358	5,92	5,87	6,01	6,34	6,27	6,34
5	0.109	0.171	0.218	5,98	5,62	5,92	6,38	6,04	6,3
6	0.241	0.639	0.709	5,89	5,75	6,18	6,32	6,21	6,44
7	0.039	0.054	0.070	5,96	5,76	5,99	6,24	6,04	6,34
8	0.101	0.148	0.163	5,92	5,45	6,1	6,38	5,95	6,27
9	0.171	0.257	0.288	5,96	5,8	6,12	6,39	6,32	6,34
10	0.226	0.351	0.436	6,09	6,04	6,07	6,35	6,31	6,35
11	0.343	1.263	1.622	5,98	5,95	6,45	6,36	6,25	6,75
12	0.241	0.748	0.803	5,99	5,92	6,17	6,21	6,37	6,42
13	0.156	0.202	0.249	6,01	5,66	5,98	6,33	6,05	6,13
14	0.093	0.140	0.156	6,04	5,48	6,03	6,36	6,07	6,34
15	0.171	0.241	0.265	5,91	5,8	5,98	6,35	6,24	6,37
16	0.078	0.085	0.093	5,89	5,76	6,09	6,37	6,01	6,47
17	0.093	0.109	0.117	5,89	5,56	6,03	6,34	6,04	6,29
18	0.109	0.148	0.163	5,99	5,71	6,03	6,36	6,12	6,34
19	0.101	0.124	0.148	5,91	5,67	6,12	6,38	6,19	6,26
20	0.117	0.156	0.187	5,97	5,85	6,02	6,28	6,3	6,32
21	0.179	0.241	0.249	5,87	6,02	5,98	6,28	6,26	6,1
22	0.132	0.156	0.171	5,94	5,64	5,78	6,35	6,00	6,22
23	0.148	0.187	0.195	5,99	5,76	6,01	6,33	6,04	6,36
24	0.062	0.093	0.117	6,00	5,77	6,06	6,32	6,39	6,35
25	0.046	0.054	0.070	5,94	5,75	6,04	6,31	6,29	6,30

Bu üç grup arasında (0.gün-3.ay-6.ay) ikili karşılaştırma için Post Hoc testi uygulanmıştır. (0.gün-3.ay) ve (3.ay-6.ay) örneklerinin TBA değerleri arasındaki fark 0.05 eşiğinde önemli bulunmazken, (0.gün-6.ay) örneklerinin TBA değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Tüm örneklerin göğüs eti pH değerleri karşılaştırıldığında (0.gün-3.ay), (0.gün-6.ay), (3.ay-6.ay) örneklerinin arasında 0.05 eşiğinde istatistiksel açıdan önemli fark olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Tüm örneklerin but eti pH değerleri karşılaştırıldığında (0.gün-6.ay) örneklerinin but eti pH değerleri arasındaki fark 0.05 eşiğinde önemli bulunmazken, (0.gün-3.ay) ve (3.ay-6.ay) örneklerinin but eti pH değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Çizelge 3.2. Kanatlı kesimhanesinden alınan örneklerin TBA ile pH ortalamaları ve standart sapmaları.

	TBA (mgMA/kg)			**pH**					
				Göğüs			**But**		
	0.Gün	3.Ay	6.Ay	0.Gün	3.Ay	6.Ay	0.Gün	3.Ay	6.Ay
Minimum	0.039	0.054	0.070	5,87	5,45	5,78	6,21	5,88	6,1
Maksimum	0.343	1.263	1.622	6,09	6,04	6,45	6,39	6,39	6,75
Ortalama	0.142[a]	0.244	0.301[a]	5.95[b]	5.74[b]	6.04[b]	6.33	6.15[c]	6.33
S.sapma	0.072	0.271	0.329	0.054	0.146	0.119	0.044	0.141	0.119

[a] : Belirtilen değerler arasında 0.05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$).
[b] : Belirtilen değerler arasındaki bütün kombinasyonlarda istatistiksel olarak anlamlı fark vardır($p<0.05$).
[c] : Belirtilen değerin diğer değerlerle arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$).

Gölcük piyasasından alınan taze piliç karkaslarının TBA ile but ve göğüs eti pH değerleri Çizelge 3.3'de, ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 3.4'te verilmiştir. Çizelge 3.3'de görüldüğü gibi Gölcük piyasasından alınarak analizleri yapılan piliç örneklerinin TBA değerleri 0,046 – 1,973 mgMA/kg arasında değişmiştir. Gölcük piyasasından alınan örneklerden 24'ü (%96) TSE tarafından piliç gövde etlerinin TBA sayısı için maksimum limit değeri olarak belirtilen 1 mgMA/kg sınırına uygun olmasına karşın; 1'inin (%4) TSE tarafından belirtilen limit değeri aştığı saptanmıştır. Çizelge 3.3'de verilen değerler ışığında Gölcük piyasasından

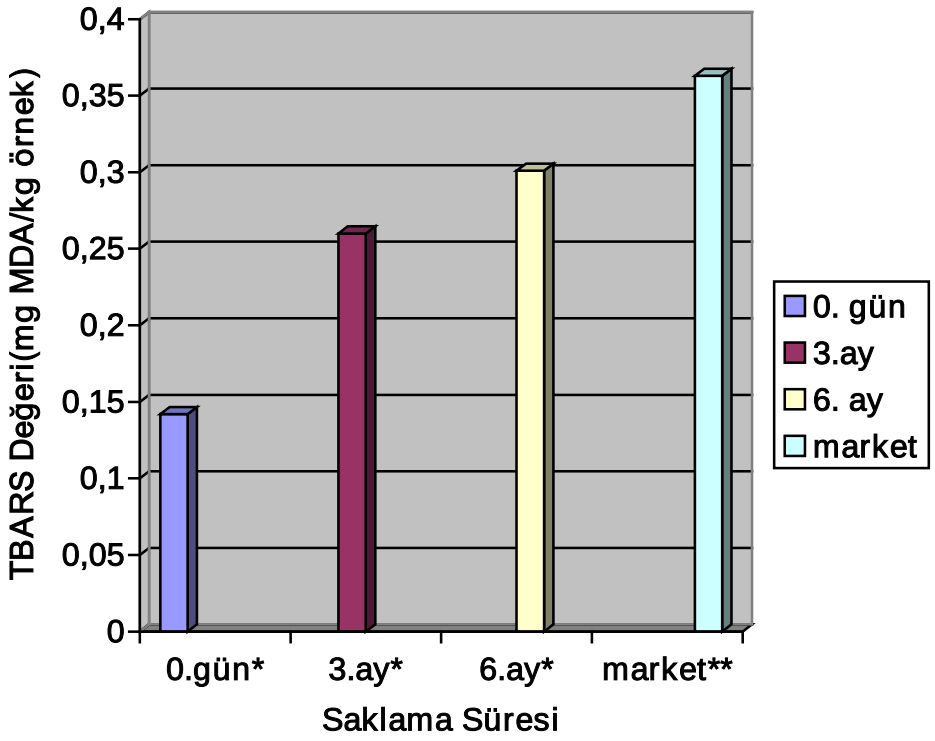
alınan örneklerin Çizelge 3.4'te görüldüğü gibi TBA ortalaması 0.363 mgMA/kg değerine, pH değeri ise göğüs ve but etlerinde sırasıyla 5.86 ve 6.41 değerlerine sahiptir.

Çizelge 3.3. Gölcük piyasasından değişik zamanlarda alınan piliç örneklerinin TBA ve pH değerleri.

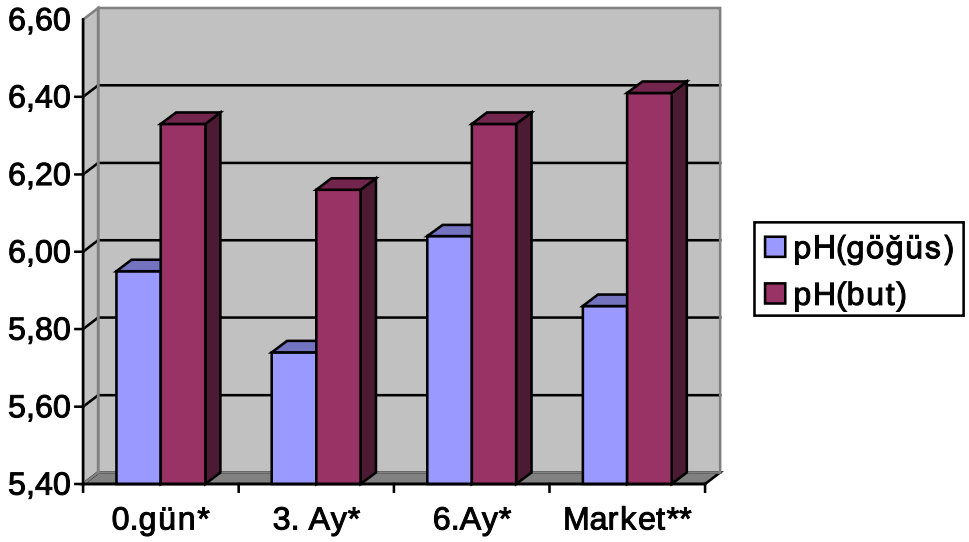
NUMUNE SAYISI	TBA (mgMA/kg)	PH	
		GÖĞÜS	BUT
1	0.327	5,83	6,31
2	0.046	5,86	6,33
3	0.062	5,88	6,42
4	0.070	5,97	6,21
5	1.973	5,89	6,33
6	0.647	5,89	6,32
7	0.366	5,88	6,43
8	0.390	5,78	6,48
9	0.405	5,85	6,40
10	0.733	5,82	6,46
11	0.257	5,84	6,45
12	0.234	5,78	6,49
13	0.171	5,84	6,49
14	0.101	5,81	6,32
15	0.475	5,91	6,37
16	0.132	5,86	6,37
17	0.179	5,82	6,48
18	0.226	5,89	6,48
19	0.070	5,97	6,48
20	0.647	5,82	6,46
21	0.273	5,98	6,48
22	0.351	5,84	6,43
23	0.171	5,89	6,44
24	0.538	5,86	6,38
25	0.234	5,79	6,47

Çizelge 3.4. Gölcük piyasasından alınan örneklerin TBA ile pH ortalamaları ve standart sapmaları.

	TBA (mgMA/kg)	pH	
		Göğüs	But
Minimum	0.046	5,78	6,21
Maksimum	1.973	5,98	6,49
Ortalama	0.363	5,86	6,41
S.sapma	0.144	0.002	0.005



Şekil 3.1. Piliç karkaslarında ortalama TBA değerleri (mg malonaldehit / kg örnek)
* Kanatlı kesimhanesinden alınan örnekler
**Gölcük piyasasından alınan örnekler



Şekil 3.2. Piliç karkaslarında ortalama göğüs ve but eti pH değerleri
* Kanatlı kesimhanesinden alınan örnekler
**Gölcük piyasasından alınan örnekler

Çizelge **3.5.** Kanatlı kesimhanesinden kesim günü alınan örnekler ile Gölcük piyasasından alınan taze örneklerin TBA ile pH ortalamaları ve standart sapmaları.

TBA (mgMA/kg)			**pH**			
			Göğüs		**But**	
	Kesimhane (0. gün)	Gölcük piyasa	Kesimhane (0. gün)	Gölcük piyasa	Kesimhane (0. gün)	Gölcük piyasa
Minimum	0.039	0.046	5,87	5,78	6,21	6,21
Maksimum	0.343	1.973	6,09	5,98	6,39	6,49
Ortalama	0.142 [d]	0.363 [d]	5.95 [e]	5.86 [e]	6.33 [f]	6.41 [f]
S.sapma	0.072	0.144	0.054	0.002	0.044	0.005

[d] : Belirtilen değerler arasında 0.05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$).
[e]: Belirtilen değerler arasında 0.05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$).
[f] : Belirtilen değerler arasında 0.05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$).

Kanatlı kesimhanesinden kesim günü alınan taze piliç karkasları ile Gölcük piyasasında satışa sunulan taze piliç karkaslarının TBA ile but ve göğüs eti pH değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 3.5'te verilmiştir. Kanatlı kesimhanesinden kesim günü alınan taze piliç karkasları ile Gölcük piyasasında satışa sunulan taze piliç karkaslarının ikili karşılaştırmaları için T testi (independent samples test) uygulanmıştır. Örneklerin TBA değerleri birbiri arasında karşılaştırıldığında, kanatlı kesimhanesinden kesim günü (0. gün) alınan örnekler ile Gölcük piyasasından taze alınan örnekler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Göğüs ve but eti pH değerleri kendi aralarında karşılaştırıldığında 0.05 eşiğinde farkın önemli olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, kanatlı kesimhanesinden alınarak 0. gün, -18°C'de donmuş muhafazada 3. ay ve 6. ay periyotlarında TBA analizleri yapılan piliç karkas örneklerinin TBA değerleri 0,039 – 1,622 mgMA/kg arasında değişmiş ve örneklerden 1'inin (%4) TSE tarafından piliç parça etlerinin TBA sayısı için maksimum limit değeri olarak belirtilen 1 mgMA/kg'ın üzerinde olduğu belirlenmiştir (Anon, 1997a; Anon, 1997b). Bu artışa farklı tarihlerde numune alımı ve farklı kümeslerden örnek alımına bağlı olarak farklı beslenme özelliklerinin sebep olduğu düşünülmektedir. Analizi yapılan örneklerin TBA değerinin 0. gün ortalamalarının 3. ve 6. ay ortalamalarına göre düşük olduğu, 3.ay ortalamalarının da 6.ay ortalamalarına göre düşük olduğu görülmüştür. Donmuş depolama süresi uzadıkça TBA değerlerinde bir artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Karabudak (2010) çeşitli hayvan türlerinde lipid oksidasyonuna etki eden faktörleri incelemek üzere yaptığı çalışmada; kesim günü ortalama TBA değerini taze piliç göğüs etinde 0.05, piliç but etinde 0.08 olarak bulmuştur. Kolsarıcı ve ark. (2010) mekanik olarak ayrılmış piliç etlerinde dondurarak depolamanın etkisini incelemek üzere yaptıkları çalışmada; göğüs etinde başlangıçta ortalama TBA değerini 0.13 mgMA/kg olarak tespit etmişlerdir. Lopez ve ark. (1998) tarafından etlik piliçler üzerine yapılan çalışmada, antioksidan eklenmeyen diyetle beslenen örneklerin başlangıçta TBA değeri göğüs ve but etinde sırasıyla 0.15 ve 0.10 mgMA/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırmacıların buldukları sonuçlar kanatlı kesimhanesinden alınan örneklerin başlangıç TBA değerine benzerlik göstermektedir. Pegg, (2001) çeşitli hayvan türlerinde lipid oksidasyonu gelişimi üzerine yaptığı çalışmada; -18˚C'de 6 ay muhafaza edilen piliç göğüs etinde TBA değerini ortalama 0.50 mgMA/kg, but etinde ise 0.38 mgMA/kg olarak bulmuştur. Okolie ve ark. (2009) araştırmalarında Nijerya'nın Benin şehrinde marketlerden topladıkları dondurulmuş balık, piliç ve hindi örneklerinden oluşan toplam 75 örmeği malonaldehit içerikleri yönünden incelemişler; piliç etinde TBA değerlerini 0.27 ile 0.51 mgMA/kg arası tespit etmişlerdir. Alfawaz (2004) piliç etlerinin +4°C ve

-18°C'de muhafazası sırasında lipid oksidasyon gelişimi üzerine yaptığı çalışmada; -18°C'de muhafaza edilen piliç but etinin 15. gün, 30. gün ve 60. gün TBA değerlerini sırasıyla 0.30, 0.32, 0.42 mgMA/kg olarak bulurken, piliç göğüs etinde sırasıyla 0.34, 0.35, 0.35 mg MDA/ kg olarak tespit etmiştir. Araştırmacıların buldukları sonuçlar bu çalışmada kanatlı kesimhanesinden alınıp dondurularak muhafaza edilen örneklerin TBA değerlerine benzerlik göstermektedir.

Alasnier ve ark. (2000) taze piliç göğüs ve but etinin kesim günü ortalama TBA değerini 0.003 mgMA/kg olarak tespit etmişlerdir. Bulunan bu sonuçlar kanatlı kesimhanesinden alınan örneklerin başlangıç TBA değerine göre düşük bulunmuştur. Araştırmacıların buldukları TBA değerinin bu çalışmada saptanan başlangıç TBA değerlerine göre düşük bulunmasına, araştırmacıların analiz sırasında antioksidan kullanımı ve farklı beslenme özelliklerinin sebep olabileceği düşünülmüştür.

Alfawaz (2004) piliç etlerinde lipid oksidasyon gelişimi üzerine yaptığı çalışmada; piliç but etinde başlangıç TBA değerini 0.32 mgMA/kg, piliç göğüs etinde ise 0.34 olarak tespit etmiştir. Jang ve ark. (2008) taze piliç göğüs eti üzerine bir çalışma yapmışlar; kesim günü ortalama TBA değerini 0.48 mgMA/kg olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacıların buldukları sonuçlar kanatlı kesimhanesinden alınan örneklerin başlangıç TBA değerine göre yüksek bulunmuştur. Karabudak (2010) çeşitli hayvan türlerinde lipid oksidasyonuna etki eden faktörleri incelemek üzere yaptığı çalışmada; -18°C depolama şartlarında 15-30-45-60-90. günlerde ortalama TBA değerlerini piliç göğüs etinde sırasıyla 0.09, 0.16, 0.30, 0.45, 0.68 mgMA/kg olarak bulurken, but etinde yine sırasıyla 0.17, 0.19, 0.27, 35, 0.57 mgMA/kg olarak bulmuştur. Kolsarıcı ve ark. (2010) mekanik olarak ayrılmış piliç etlerinde dondurarak depolamanın etkisini incelemek üzere yaptıkları çalışmada; TBA değerini göğüs etinde -18°C'de 120 gün depolama sonunda 0.76 mgMA/kg olarak tespit etmişlerdir. Lopez ve ark. (1998) tarafından etlik piliçler üzerine yapılan bir çalışmada, antioksidan eklenmeyen diyetle beslenen örneklerin -20˚C'de depolama koşullarında göğüs etinde TBA değerinin 2. ay sonunda 0.21, 4. ay sonunda 1.19 mgMA/kg'a yükselmiş olduğu belirlenirken, but etinde bu değerin 2. ay sonunda 0.18, 4. ay sonunda 1.19'a yükselmiş olduğu saptanmıştır.

Araştırmacıların buldukları sonuçlar bu çalışmada donmuş muhafaza edilen örneklerin TBA değerine göre yüksek bulunmuştur. Grau ve ark. (2001) tarafından çiğ piliç but etinin oksidatif kararlılığını incelemek üzere yapılan çalışmada; örneklerdeki başlangıç, -20°C'de depolama şartlarında 3,5. ve 7. ay ortalama TBA değerleri sırasıyla 0.566, 0.610, 0.683 mgMDA/kg olarak tespit edilmiştir. Bulunan değerler kanatlı kesimhanesinden alınan piliç karkas örneklerinin TBA değerlerine göre yüksek bulunmuştur. Araştırmacıların buldukları sonuçların bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre yüksek bulunmasına; örnekler arası farklılık, örneklere uygulanan işlemler, hijyenik koşullar ile farklı depolama şartlarının sebep olabileceği düşünülmüştür. Bulunan sonuçlar bu çalışmada kesimhaneden alınan örneklerin diyetlerinde antioksidan madde kullanılmış olabileceğini de düşündürmektedir.

Çalışmada, Gölcük'te kasap ve marketlerden alınarak analizleri yapılan piliç karkas örneklerinin TBA değerleri 0,046 – 1,973 mgMA/kg arasında değişmiş, alınan örneklerden 1'inin (%4) TSE tarafından piliç parça etlerinin TBA sayısı için maksimum limit değeri olarak belirtilen 1 mgMA/kg'ın üzerinde olduğu belirlenmiştir (Anon., 1997a; Anon, 1997b). TBA değeri yüksek çıkan bu örneğin, kasapta ambalajsız olarak satışa sunulmuş örnek olduğu saptanmış ve bu duruma uygun olmayan depolama koşullarının sebep olabileceği düşünülmüştür.

Oruç ve ark. (2005) Bursa ve civarında bulunan askeri birliklerin ihtiyacını karşılamak üzere satın alınan taze piliç etlerindeki TBA düzeylerinin belirlenmesi amacıyla 2001-2004 yılları arasında toplam 55 piliç numunesinde bir çalışma yapmışlar ve TBA değerini minimal 0.007, maksimal 0.850 ve ortalama 0.248 mgMA/kg olarak tespit etmişlerdir. Alasnier ve ark. (2000) taze piliç göğüs ve but etinin 14 gün boyunca buzdolabı şartlarında (+4°C) muhafazası sırasında oksidasyon gelişimini incelemişler; 14 gün sonunda TBA değerini göğüs etinde 0.10 mgMA/kg, but etinde 0.30 mgMA/kg olarak bulmuşlardır. Ceylan ve ark. (2007) tarafından yapılan araştırmada; Erzurum piyasasından toplanmış 103 taze piliç gövde etinin oksidasyon düzeyleri TBA testi kullanılarak belirlenmiş, örneklerin TBA sayısı 0,014 – 1,183 mgMA/kg arasında değişmiş ve ortalama 0,416±0,252 mgMA/kg olarak bulunmuştur. Pikul ve ark. (1984) yaptıkları çalışmada TBA değerini taze

piliç but etinde 0.38 mgMA/kg, göğüs etinde 0.31 mgMA/kg olarak bulmuşlardır. Benzer şekilde, Newburg ve Concon (1980) tarafından yapılan çalışmada taze piliç etinde ortalama TBA değeri 0.44 mgMA/kg olarak bulunmuştur. AL-Dughaym ve AL-Tabari (2010) Arabistanda bir markette satılan on çeşit piliç eti ürünlerinden toplam 100 örnekte piliç etinin kalite ve güvenliğini belirlemek için bir çalışma yapmışlar; bu örneklerden piliç but etinde TBA değerini ortalama 0.48 mgMA/kg olarak bulmuşlardır. Lopez ve ark. (1998) tarafından etlik piliçler üzerine yapılan bir çalışmada, antioksidan eklenmeyen diyetle beslenen örneklerin göğüs etinde başlangıç, buzdolabı koşullarında (+4˚C) 3.gün, 6. gün ve 9. gün TBA değerleri sırasıyla 0.25, 0.40, 0.51 mgMA/kg olarak bulunurken, but etinde sırasıyla 0.15, 0.31, 0.51 mgMA/kg olarak tespit edilmiştir. Araştırmacıların bulduğu sonuçlar bu çalışmada Gölcük piyasasından alınan taze örneklerin ortalama TBA değerine benzerlik göstermektedir.

Alfawaz (2004) piliç etlerinin +4°C ve -18°C'de muhafazası sırasında lipid oksidasyon gelişimi üzerine yaptığı çalışmada; +4°C'de muhafaza edilen piliç but etinin, 2. gün, 4. gün ve 7. gün TBA ortalamasını sırasıyla, 0.44, 0.62, 1.6 mgMA/kg olarak, piliç göğüs etinde ise yine sırasıyla, 0.39, 0.41, 0.54 mgMA/kg olarak tespit etmiştir. Jang ve ark. (2008) taze piliç göğüs eti üzerine bir çalışma yapmışlar; +4°C'de muhafaza şartlarında 3. ve 7. günlerde TBA değerini sırasıyla 0.60 mgMA/kg ve 0.75 mgMA/kg olarak tespit etmişlerdir. Bulunan değerler Gölcük piyasasından alınan piliç karkas örneklerinin TBA değerine göre yüksektir. Bu farklılığa, depolama şartları, örnekler arası farklılıklar, farklı analiz yöntemleri kullanılması, örneklere uygulanan işlemler, işletmeler arası teknik ve hijyenik koşulların farklı oluşu ile farklı beslenme özelliklerinin sebep olabileceği düşünülmüştür.

Bu çalışmada, Gölcük piyasasından alınarak analizi yapılan örneklerin, kanatlı kesimhanesinden kesim günü alınan taze örneklere göre daha yüksek TBA değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu farklılığa, Gölcük piyasasından alınan örneklerin kesim günü analize alınmayıp piyasada satışa sunulan, taşıma ve depolama koşullarının da etkisiyle oksidasyon oluşumunun ilerlemiş ürünler

olmasının sebep olabileceği düşünülmüştür. TBA değerleri arasındaki bu farklılık piyasadan alınan karkasların taşıma koşulları ve satış işlemleri sırasında olumsuz koşullara maruz kalabildiğinin ve muhafaza koşullarının oksidasyon gelişiminde ne denli önemli olduğunun bir göstergesidir. Bu durum piyasada taze olarak satışa sunulan piliç etlerinin TBA değerinin, uygun olmayan muhafaza koşullarına bağlı olarak raf ömrü tükenmeden bile halk sağlığı açısından risk oluşturacak düzeye yükselebileceğini düşündürmektedir.

Piliç etleri üzerinde yapılan birçok çalışmada elde edilen TBA değerleri arasında standart bir değere ulaşılamamakta, değerler arasında sapmalar görülmektedir. Bu sapmalara; başta hayvanın çeşidi olmak üzere, kesim sırasında hayvanın yaşı, cinsiyeti, beslenme şekli, post mortem kas ayırma zamanı, kasların veya doku yerinin anatomik yerleşimi, kasın bileşimi, örneklere uygulanan işleme teknikleri, pişirme ve pişirmenin şekli, depolama süresi ve sıcaklığı, TBA test yöntemleri arasındaki çeşitlilik, analiz sırasında antioksidan madde kullanımı, hatta antioksidanın eklendiği deney aşaması gibi birçok faktörün sebep olabileceği belirtilmektedir (Ericson, 1997; Karabudak, 2000; Botsoglou, 2002; Ulu, 2004; Al-Dughaym ve Al-Altabari, 2010).

Örneklerin pH değerlerine bakıldığında kanatlı kesimhanesinden alınan örnekler ile Gölcük piyasasından alınan örneklerin ortalama pH değerlerinin TSE tarafından piliç parça etlerinin pH değeri için maksimum limit değeri olarak belirtilen 6,4'ün altında olduğu belirlenmiştir (Anon, 1997a; Anon, 1997b). Kanatlı kesimhanesinden alınarak analizi yapılan piliç karkaslarının göğüs ve but etlerinde 0.gün periyodunda tespit edilen pH değerinin 3.ay periyodunda düştüğü, 6.ay periyodunda da yükseldiği görülmektedir. Kesimin erken dönemlerinde normal metabolik aktivite belli bir süre devam etmektedir. Ancak kan akımının kesilmesi, glikojen yıkımının son atık ürünü olan laktik asidi dokularda biriktirmekte ve bu birikim doğal olan nötral pH değerine sahip dokuyu hafif asidik hale sokmaktadır. Kanatlı kesimhanesinden alınan numunelerin soğuk zincir altında hızla laboratuara getirilmesi ve normal metabolik aktiviteler sonlanmadan hemen analize almasına bağlı olarak başlangıçta yüksek olan pH değeri 3. ayda düşük bulunmuş ve oksidasyonun ilerlemesiyle 6. ayda da yükseldiği görülmüştür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonucuna göre, Adapazarı bölgesindeki kanatlı kesimhanesinden alınan piliç karkas örneklerinin kesim günü, 3 ve 6 aylık donmuş muhafaza sonrası TBA değerleri ile Gölcük piyasasından taze olarak alınan piliç karkas örneklerinin TBA değerlerinin TSE tarafından maksimum limit değeri olarak belirtilen sınırın altında olduğu saptanmıştır. Kanatlı kesimhanesinden alınan numunelerin TBA değerlerinin -18°C'de 6 ay depolama sonrası bile Gölcük piyasasından alınan numunelere oranla düşük bulunması, muhafaza koşullarının lipid oksidasyon gelişimindeki önemini ortaya koymaktadır.

Çalışma sonuçlarına göre, analize alınan piliç gövde etlerinin lipid oksidasyonu nedeniyle gıda güvenliğini ve halk sağlığını etkileyecek büyük bir risk taşımadığı, ancak risk potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Bu yüzden oluşabilecek lipid oksidasyonunun önlenebilmesi için kontrollerinin düzenli olarak yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Tüketicilerin gıdaları orijinal ambalajında ve üretici firmalarının belirlemiş olduğu son kullanma tarihlerini göz önüne alarak tüketmeleri gereklidir. Çiğ et ve et ürünlerinin buzdolabı sıcaklığında fazla uzun süre saklanmaması, hemen tüketilemeyen ürünlerin düşük sıcaklık derecesinde kısa süreli muhafaza edilmesi önerilmektedir.

Kanatlı kesimhanesinden alınan piliç karkasları ile piyasadan toplanan karkaslar arasındaki TBA farkı piyasadan alınan karkasların transport ve pazarlama aşamasında olumsuz koşullara maruz kalabildiğinin göstergesidir.

Sonuç olarak yaptığımız çalışmada kanatlı kesimhanesinden alınarak -18°C'de 6 ay muhafaza edilen piliç karkaslarında oksidatif reaksiyonların depolama süresince sınırlı bir şekilde devam ettiği görülmüş ancak hijyenik koşullara ve uygun depolama şartlarına bağlı olarak etlerin önemli bir kısmının kalitesini etkileyecek düzeyde olmadığı saptanmıştır. Gölcük piyasasında tüketime sunulan taze piliç etlerinin de büyük bir kısmının tüketilebilirlik sınırını aşmadığı belirlenmiştir. Muhafaza şartları başta olmak üzere üretimin bütün aşamalarında hijyenik kuralların etkin bir şekilde uygulanmasıyla ürünlerin tüketim anına dek kaliteli ve sağlıklı bir şekilde depolanabilmesinin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır.

ÖZET

Piliç Karkaslarında Tiyobarbiturik Asit Değerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada piliç karkaslarında oksidatif ransiditenin belirlenmesi ve elde edilen verilerin hem ürün kalitesi, hem de halk sağlığı açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 2010 yılı içerisinde farklı tarihlerde Adapazarı bölgesinde bulunan bir kanatlı kesimhanesinden temin edilen 25 piliç karkas örneği ile farklı tarihlerde Gölcük piyasasında marketlerden temin edilen 25 piliç karkas örneği TBA yönünden analiz edilmiştir. Örneklerin TBA analizi TSE tarafından önerilen spektrofotometrik yönteme göre yapılmıştır.

Çalışma kapsamında kanatlı kesimhanesinden alınarak incelenen piliç karkaslarının analiz sonuçlarına göre; örneklerin başlangıç (0. gün), -18°C'de depolama koşullarında 3 ve 6. ay TBA ortalamaları sırasıyla; 0.142, 0.244, 0.301 mgMA/kg olarak tespit edilmiştir. Örneklerin 24'ü TSE tarafından piliç etlerinin maksimum TBA değeri olarak belirtilen 1 mgMA/kg sınırına uygun çıkmasına karşın, 1'inin limit değeri aştığı saptanmıştır.

Yine çalışma kapsamında Gölcük piyasasından alınarak incelenen piliç karkaslarının analiz sonuçlarına göre; örneklerin TBA ortalaması 0.363 mgMA/kg olarak tespit edilmiştir. Örneklerin 24'ü TSE tarafından piliç etlerinin maksimum TBA değeri olarak belirtilen 1 mgMA/kg sınırına uygun çıkmasına karşın, 1'inin limit değeri aştığı saptanmıştır.

Sonuç olarak bu çalışma kapsamında incelenen piliç karkaslarında lipid oksidasyonu nedeniyle görülebilecek büyük bir sağlık riski bulunmadığı ancak risk potansiyeli olduğu gözlenmiştir. Kanatlı kesimhanesinden alınan örneklerin -18°C'de 6 ay muhafaza koşullarında dahi piyasadan alınan örneklere göre daha düşük TBA değerlerine sahip olduğu belirlenmiş ve muhafaza koşullarının lipid oksidasyon gelişimdeki önemi ortaya koyulmuştur. Depolama şartları başta olmak üzere üretimin bütün aşamalarında hijyenik kuralların etkin bir şekilde uygulanmasıyla ürünlerin tüketim anına dek kaliteli ve sağlıklı bir şekilde depolanabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: pH, Piliç, TBA (Tiyobarbitürik asit)

SUMMARY

Determination of Thiobarbituric Acid Value in Chicken Carcasses

The aim of this study is determined the oxidative rancidity of chicken carcasses and evaluated for product quality and public health. In this view, 25 chicken carcass samples obtained from a poultry slaughterhouse in Adapazarı region and 25 chicken carcass samples obtained from Gölcük markets on different dates in 2010 have been analyzed for TBA values. TBA analysis were done with spectrophotometric method as suggested by Turkish Standards Institute (TSE).

According to the results of the analysis of chicken carcasses which were obtained from poultry slaughterhouse as follows; the mean values of TBA at the beginning (0^{th} day), and at -18°C storage period of 3^{rd} and 6^{th} months were detected as 0.142, 0.244, 0.301 mgMA/kg, respectively. It was determined that 24 samples are suitable to maximum level of TBA as 1 mgMA/kg as indicated the maximum level of TSE, but one of them is exceed the limit value.

Also, the result of samples obtained from Gölcük, the mean values of TBA were determined as 0.363 mgMA/kg. 24 samples were suitable to maximum level of TBA as 1 mgMA/kg as indicated the maximum level of TSE, but one of them is exceed the limit value.

As a conclusion, it has been observed that in the chicken carcasses examined in the scope of this study, there is not a big health risk which might occur due to the lipid oxidation; however there is a risk potential. It has been settled down that the samples obtained from the poultry slaughterhouse has a lower TBA level than the ones in the market, even after being kept at -18°C for 6 months and the importance conservation conditions in lipid oxidation growth has been set forth. It has been concluded that, products can be healthily stored with high quality until consumption time with effective application of the hygienic rules in all steps of the production and particularly in storing.

Key words: Chicken, pH, TBA (Thiobarbituric acid)

KAYNAKLAR

AHN, D.U., SELL, J.L., JO, C., CHEN, X., WU, C., LEE, J.I. (1998). Effects of dietary vitamin E supplementation on lipid oxidation and volatiles content of irradiated, cooked turkey meat patties with different packaging. *Poult. Sci.,* **77:** 912-921.

ALASNIER, C., MEYNIER, A., VIAU, M., GANDEMER G. (2000). Hydrolytic and oxidative changes in the lipids of chicken breast and thigh muscles during refrigerated storage. J. Food Sci., **65:** 9–14.

AL-DUGHAYM, A., AL-TABARI, G. (2010). Safety and quality of some chicken meat products in Al-Ahsa markets—Saudi Arabia. *Saudi J. of Biol Sci.*, **17:** 37–42.

ALFAWAZ, M.A. (2004). Lipid oxidation of raw and cooked meats during cold storage as compared to raw meats stored frozen. *J. King Saud Univ*., Vol. 16, *Agric. Sci*., **(2):** 171-186.

ALI, F.H., ZAHRAN, D.A. (2010). Effect of growth enhancers on quality of chicken meat during cold storage. *Adv. J. Food Sci. Technol., **2(4):*** 219-226.

ALVAREZ, R.J. (1982). Effect of storage on the lipid content and rancidity development of salt-minced mullet. *Carib. J. Sci.,* **18:** 1-4.

ANDERSSON, K., LINGNERT, H. *(*1999). Kinetic studies of oxygen dependence during initial lipid oxidation in rapeseed oil. *J. Food Sci.,* **64:** 262–6.

ANON (1995). Kırmızı Etler-Hazır Kıyma, TS 11566/Mart, TSE, Ankara.

ANON (1997a). Tavuk Parça Etleri-But, TS 12325/Kasım, TSE, Ankara.

ANON (1997b). Tavuk Parça Etleri-Göğüs, TS 12326/Kasım, TSE, Ankara.

ANON (2002). Et ve Et Ürünleri-pH Ölçülmesi- Referans Yöntem, TS 3136/Aralık, TSE, Ankara.

ANON (2010). TUIK, Hayvansal Üretim İstatistikleri. Erişim: [http://www.tuık.gov.tr]. Erişim tarihi: 16 Kasım 2010.

ANON (2011a). Importance of vitamin E in the oxidative stability of meat: Organoleptic qualities and consequences. Erişim: [http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c37/99600036.pdf]. Erişim tarihi:26 Mart 2011.

ANON (2011b). 6. Lipids. Erişim: [https://www.courses.psu.edu/fd_sc/fd_sc400_jnc3/lipids/6-lipids.pdf]. Erişim tarihi: 26 Mart 2011.

ANON (2011c). Flavors and off-flavors of milk products. Erişim: [http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-12042002-124439/unrestricted/chapter3.pdf]. Erişim tarihi: 26 Mart 2011.

BADCOCK, N.R., ZOANETTI, G.D., MARTIN, E.S. (1997). Nonchromatographic assay for Malondialdehyde-Thiobarbituric Acid adduct with HPLC equivalence. *Clinical Chemistry.*, **43:** 1655-1657

BOTSOGLOU, N.A., FLETOURIS, D.J., PAPAGEORGIOU, G.E., VASSILOPOULOS, V.N., MANTIS, A.J., TRAKATELLIS, A.G. (1994). Rapid, sensitive and specific Thiobarbituric Acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food and feedstuff samples. *J. Agric. Food Chem.*, **42:** 1931-1937.

BOTSOGLOU, N.A., CHRISTAKI, E., FLETOURIS, D.J., FLOROU-PANERI, P., SPAIS, A.B. (2002). The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. *Meat Sci*., **62:** 259–265.

BOU, R., GRIMPA, S., GUARDIOLA, F., BARROETA, A.C., CODONY R. (2006). Effects of various fat sources, α-tocopheryl acetate, and ascorbic acid supplements on fatty acid composition and α-tocopherol content in raw and vacuum-packed, cooked dark chicken meat. *Poult. Sci.,* **85(8):** 1472–1481.

BUCKLEY, D.J., MORISSEY, M.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.

BUZZARD, K.G. (2002). Effects of different lowbush blueberry purees on lipid oxidation in pre-cooked ground turkey patties. Master of Science. Üniversity of Maine, Food Science and Human Nutrition.

CASCONE, A. (2005). Study and prevention of lipid oxidation in meat. Doctoral Thesis. Üniversity of Naples, Food Science and Nutrition.

CEYLAN, Z.G., ÖZTURAN, K., DEMİRKAYA, A.K. (2007). Erzurum piyasasında tüketime sunulan piliç gövde etlerindeki Tiyobarbiturik Asit sayılarının belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.,* **2(1):** 41-43.

CHAIJAN, M. (2008). Lipid and myoglobin oxidations in muscle foods. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* **30(1):** 47-53.

COLMENERO, F.J., CARBALLO, J., COFRADES, S. (2001). Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci.*, **59:** 5–13.

ÇAKLI, Ş., TOKUR, B., ÇELİK, U., TAŞKAYA, L. (2003). No-frost koşullarda depolanan Sardalya balıklarının (*Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)) fiziksel,

kimyasal ve duyusal değerlendirilmesi. *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi.,* **20(1-2):** 87 - 93.

DECKER, E.A., WARNER, K., RICHARDS, M.P., SHAHIDI, F. (2005). Measuring antioxidant effectiveness in food. *J. Agric. Food Chem.,* **53:** 4303-4310.

DE LA OSSA, T.I.P. (2009). Omega-3 enrichment and oxidative stability of broiler chicken meat. University of Alberta, Master of Science in Food Science and Technology.

DUGAN, L.R.JR. (1961). Development and inhibition of oxidative rancidity in foods. *Food Technol*, **(15):** 10.

ERCOŞKUN, H., ERTAŞ, A.H. (2003). Fermente et ürünlerinde lezzet bilesenleri ve olusumları. *Gıda Mühendisliği. Dergisi,* **7(16):** 38-44.

ERGÖNÜL, B., KUNDAKCI, A. (2006). Kanatlı eti dönerlerinin üretimi, depolanması ve tavuk dönerlerinin dondurarak depolama sırasındaki kalite değişimleri. *Gıda.,* **31 (1):** 29-34.

ERICSON, M.C. (1997). Lipid oxidation: Flavor and nutritional quality deteriotion in frozen foods.In: Ericson MC, Hung YC (eds). *Quality in Frozen Foods. Chapman & Hall*, 141, 173.

FELLENBERG, M.A., SPEISKY, H. (2006). Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. *World's Poultry Science Journal.* **62:** 53-70.

FERNANDEZ, J., PEREZ-ALVAREZ, J.A., FERNANDEZ-LOPEZ, J.A. (1997). Thiobarbituric Acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chem.*, **59 (3):** 345–353.

FRANKEL, E.N. (1980). Lipid oxidation. *Progress Lipid Res*. **19:**1-22.

FRANKEL, E.N. (1984). Lipid Oxidation: Mechanisms, Products and Biological Significance. *JAOCS.,* **61 (12):** 1908-1917.

FRANKEL, E. N. (1985). Chemistry of free radical and singiet oxidation of lipids. *Proq Lipid Res.,* **23:** 197-22l.

FRANKEL, E.N. (1991). Recent advances in lipid oxidation. *J. Sci. Food Agric.,* **54:** 495-511.

GATELLIER, P., GOMEZ, S., GIGAUD, V., BERRI, C., LE BIHAN-DUVAL, E., SANTE- LHOUTELLIER, V. (2007). Use of a fluorescence front face technique for measurement of lipid oxidation during refrigerated storage of chicken meat. *Meat Sci.,* **76:** 543–547.

GANDEMER, G. (2002). Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Sci*. **62:** 309–321.

GOMES, H.A., SILVA, E.N., NASCIMENTO, M.R.L., FUKUMA, H.T. (2003). Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurment of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chiken meat. *Food Chem.*, **80:** 433-437.

GOVARIS, A., BOTSOGLOU, E., FLOROU-PANERI, P., MOULAS, A., PAPANGEORGIOU, G. (2005). Dietary suplementation of oregano essential oil and α-tocopheryl asetate on microbial growth and lipid oxidation of turkey breast fillets during storage. *Journol of Poultry Science*, **4(12):** 969-975.

GRAU, A., GUARDIOLA, F., GRIMPA, S., BARROETA, A.C., CODONY, R. (2001). Oxidative stability of dark chicken meat through frozen storage: influence of dietary fat and α -tocopherol and ascorbic acid supplementation. *Poult. Sci.* **80:** 1630-1642.

GUILLEN-SANS, R., GUZMAN-CHOZAS, M. (1998). The Thiobarbituric Acid (TBA) reaction in foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **38 (4):** 315-330.

GUO, Q., RİCHERT, B.T,.BURGESS, J:R:, WEBEL, D.M., ORR, D.E., BLAİR, M GRANT, A.L., GERRARD, D.E. (2006). Effect of dietary vitamin E supplementation and feeding period on pork quality. *J Anim Sci.*, **84:** 3071-3078.

HALLIWELL, B., CHIRICO, S. (1993). Lipid peroxidation: its mechanism, measurement, and significance. *Am. J C/in Nutr.*, :**57(7):** 15-25.

HALLIWELL, B. (2007). Oxidative stress and cancer: have we moved forward? *Biochem. J.*, **401:** 1–11.

HAMED, S.F., ALLAM, M.A. (2006). Application of FTIR spectroscopy in the determination of antioxidant efficiency in sunflower oil. *J. App. Sci. Res,*.**2(1):** 27-33.

HERNANDEZ, P., NAVARRO, J.L., TOLDRA, F. (1999). Lipids of pork meat as affected by various cooking techniques. *Food Sci. Tech. Int*; **5(6):** 501-508.

HOAC, T., DAUN, C., TRAFIKOWSKA, U., ZACKRISSON, J., AKESSON, B. (2006). Influence of heat treatment on lipid oxidation and glutathione peroxidase activity in chicken and duck meat. *Innov. Food Sci. Emmerg. Technol.*, **7:** 88-93.

İŞBİLİR, Ş.S. (2008). Yaprakları salata-baharat olarak tüketilen bazı bitkilerin antioksidan aktivitelerinin incelenmesi. Doktora Tezi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

JANG, A., LIU, X.D., SHIN, M.H., LEE, B.D., LEE, S.K., LEE, J.H., JO, C. (2008). Antioxidative potential of raw breast meat from broiler chicks fed a dietary medicinal herb extract mix. *Poult. Sci.*, **87:** 2382–2389.

JAYASINGH, P., CORNFORTH, D.P. (2002). Comparison of antioxidant effects of milk mineral, butylated hydroxytoluene and sodium tripolyphosphate in raw and cooked ground pork. *Meat Sci.,* **66:** 83–89.

JENSCHKE, B.E. (2004). Chemical, color, and sensory attributes of sorghum bran-enhanced beef patties in a high oxygen environment. Texas A&M University, Master of Science.

JO, C., AHN, D.U. (1998). Fluorometric analysis of 2-thiobarbituric acid reactive substances in turkey. *Poult. Sci.,* **77:** 475–480.

KANATT, S.R., PAUL, P., D'SOUZA, S.F., THOMAS, P. (1998). Lipid peroxidation in chicken meat during chilled storage as affected by antioxidants combined with low-dose gamma irradiation. *J. Food Sci.,* **63:**2.

KANNER, J., ROSENTHAL, I. (1992). An assessment of lipid oxidation in foods. *Pure &App/. Chern*., **64(12): 1**959-1964.

KANNER, J. (1994). Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. *Meat Sci*., **36:** 169–189.

KARABUDAK, E. (2000). Sığır, balık ve tavuk etlerindeki lipid oksidasyonuna etki eden etmenler üzerine bir araştırma. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

KATULA, L.K., PANDYA, Y. (1995). Bacterial contamination of broiler chickens before scalding. *J. Food. Pro.,* **(12):** 1326-1329.

KEETON, J.T., RHEE, K.S., BOLEMAN, R.M., NUNEZ M.T. (2001). Antioxidant properties of dried plum ingredients in fresh and precooked pork sausage. A Final report to the California Dried plum board. Texas A&M University, Department of Animal Science.

KEOKAMNERD T., ACTON, J.C., HAN, I.Y., DAWSON, P.L. (2008). Effect of commercial rosemary oleoresin preparations on ground chicken thigh meat quality packaged in a high-oxygen atmosphere. *Poult. Sci.,* **87:**170–179.

KIM, R.S., LABELLA, F.S. (1987). Comparison of analytical methods for monitoring autoxidation profiles of authentic lipids. *J. Lipid Res.,* **28:** 1110- 1117.

KOLSARICI, N., ENSOY, U., CANDOĞAN, K., ÜZÜMCÜOĞLU, Ü. (2004). Soğuk ve dondurulmuş depolamanın mekanik ayrılmış tavuk etlerinin kimyasal ve

mikrobiyolojik kalitesine etkisi. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi.* Cilt: 02 Sayı: 08 Sayfa: 2-13.

KOLSARICI, N., CANDOĞAN, K., AKOĞLU, İ.T. (2010). Effect of frozen storage on alterations in lipids of mechanically deboned chicken meats. *Gıda.,* **35 (6):** 1-8.

KONYALIOĞLU, S. (2001). Et kalitesi üzerine diyetle alınan E vitamininin etkileri. *Hayvansal Üretim,* **42(2):** 25-36.

KORKMAZ, K. (2007). Selenometiyonin katkılı yem ile beslenen gökkuşağı alabalığının (Oncorhynchus Mykiss) buzda depolanması esnasında protein kalitesi ve lipid oksidasyonunda meydana gelen değişimler. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

LADIKOS, D., LOUGOVOIS, V. (1990). Lipid oxidation in muscle foods: A review. *Food Chem.,* **35:** 295-314.

LEE, H.B.S., 1983. The effect of animal age and refrigerated storage time on lipids in pig ham muscle. Master of Science. Texas Tech University, Food Technology.

LEE, T.G., WILLIAMS S.K., SLOAN, D., LITTELL, R. (1997). Development and evaluation of a chicken breakfast sausage manufactured with mechanically deboned chicken meat. *Poult. Sci.* **76:** 415–421.

LOPEZ-BOTE, C.J., GRAY, J.I., GOMAA, E.A., FLEGAL, C.J. (1998). Effect of dietary administration of oil extracts from rosemary and sage on lipid oxidation in broiler meat. *British Poult. Sci.,* **39:** 235-240.

LOVE, J.D., PEARSON, A.M. (1971). Lipid oxidation in meat and meat products: A review. *J American oil Chem*., **48:** 547-549.

MAKRI, M. (2008). Biochemical and textural properties of frozen stored (-22°C) gilthead seabream (*Sparus aurata*) fillets. *Afr. J. Biotechnol.* **8(7):** 1287-1299.

MIELNIK, M.B., AABY, K., SKREDE, G. (2003). Commercial antioxidants control lipid oxidation in mechanically deboned turkey meat. *Meat Sci.,* **65:** 1147–1155.

MIN, B., NAM, K.C., CORDRAY, J., AHN, D.U. (2008). Endogenous factors affecting oxidative stability of beef loin, pork loin, and chicken breast and thigh meats. *J. Food Sci.,* **73(6):** 439-446.

MIRGHANI M.E.S., CHE MAN, Y.B., JINAP, S., BAHARIN, B.S., BAKAR, J. (2001). Multivariate calibration of fourier transform infrared spectra for determining thiobarbituric acid-reactive substance content in palm oil. *JAOCS.*, **78(11):** 1127–1131.

MUIK, B., LENDL, B., MOLINA-DIAZ, A., AYORA-CANADA, M.J. (2005). Direct monitoring of lipid oxidation in edible oils by Fourier transform Raman spectroscopy. *Chemistry and Physics of Lipids,* **134:** 173–182.

MODI, V.K., MAHENDRAKAR, N.S., SACHINDRA, N.M., RAO, D.N. (2004). Quality of nuggets prepared from fresh and smoked spent layer chicken meat. *Journal of Muscle Foods*, **15:** 195-204.

MORRISSEY, P.A., SHEENY, P.J., GALVIN, K., KERRY, J.P., BUCKLEY, D.J. (1998). Lipid stability in meat and meat products. *Meat Sci.,* **49(1):** 73–86.

NAM, K.C., KIM, Y.H., DU, M., AHN, D.U. (2002). Off-odor volatiles and pink color development in precooked, irradiated turkey breast during frozen storage. *Poult. Sci.,* **81:** 269–275.

NEWBURG, D.S., CONCON, J.M. (1980). Malonaldehyde concentrations in food are affected by cooking conditions. *J. Food Sci.,* **45:** 1681-1687.

OKOLIE, N.P., AKIOYAMEN, M.O., OKPOBA, N., OKONKWO, C. (2009). Malondialdehyde levels of frozen fish, chicken and turkey on sale in Benin city markets. *Afr. J. Biotechnol* **8(23):** 6638-6640.

ONIBI, G.E., OSHO, I.B. (2007). Oxidative stability and bacteriological assessment of meat from broiler chickens fed diets containing *Hibiscus sabdariffa* calyces. *Afr. J. Biotechnol.,* **6(23):** 2721-2726.

ORUÇ, H.H., CENGİZ, M., KALKANLI, Ö. (2005). Piliç etlerinde lipid oksidasyonu sonucu oluşan malonaldehit (MA) konsantrasyonları. *Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi,* **24:** 7-9.

ÖZÇELİK, B., EVRANUZ, Ö. (1998). Yağlı tohumlarda lipid oksidasyonu: etkili faktörler ve ölçüm yöntemleri. *Gıda.*, **23(3):** 221-227.

PEGG, R.B. (2001). Spectrophotometric measurement of secondary lipid oxidation products. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry,* D2.4.1-D2.4.18.

PENSEL, A.N. (1990). İnfluence of experimental conditions on porcine muscle and its effect on oxidation. Master of Science. The Ohio State Universty, Animal Science.

PETTERSEN, M.K., MIELNIK, M.B., EIE, T., SKREDE, G., NILSSON, A. (2004). Lipid oxidation in frozen, mechanically deboned turkey meat as affected by packaging parameters and storage conditions. *Poult. Sci.,* **83:** 1240–1248.

PIKUL, J., LESZCZYNSKI, D.E., BECHTEL, P.J. AND KUMMEROW, F.A. (1984). Effects of frozen storage and cooking on lipid oxidation in chicken meat. *J. Food Sci.*, **49:** 838-843.

POPOVA, T., MARINOVA, P., VASILEVA, V., GORİNOV, Y., LIDJI, K. (2009). Oxidative changes in lipids and proteins in beef during storage. *Archiva Zootechnica*, **12(3):** 30-38.

RABABAH, T.M., EREIFEJ, K.I., AL-MAHASNEH, M.A., AL-RABABAH, M.A. (2006). Effect of plant extracts on physicochemical properties of chicken breast meat cooked using conventional electric oven or microwave. *Poult. Sci.*, **85:** 148–154.

RENERRE, M., PONCET, K., MERCIER, Y., GATELLIER, P., METRO, B. (1999). Influence of dietary fat and vitamin E on antioxidant status of muscles of turkey. *J. Agric. Food Chem.*, **47:** 237–244.

ROSS, F.C., SMITH, D.M. (2006). Use of volatiles as indicators of lipid oxidation in muscle foods *CRFSFS*., **5:** 18-25.

RUBAN, S.W. (2009). Lipid peroksidasyon in muscle foods. *Global Veterinaria*, **3(6):** 509-513.

RUTGERSSON, A., TOUKKURI, V.M., REINIKAINEN, P., LINGNERT, H. (2000). Influence of hydrothermal treatment on lipid oxidation in barley. *Cereal Chem.*, **77(4):** 407–413.

RYU, Y.C., RHEE, M.S., LEE, K.M., KIM, B.C. (2004). Effects of different levels of dietary supplemental selenium on performance, lipid oxidation, and color stability of broiler chicks. (2005). *Poult. Sci.*, **84:** 809–815.

SAHOO, J., VERMA, S.P. (1999). Oxidative problems in meat and meat products and use of antioxidant vitamins. *J. Food Sci. Technol*., **36(6):** 487-499.

SHAHIDI, F., WANASUNDARA, U.N., (1996). Methods for Evaluation of the Oxidative Stability of Lipid-Containing *Foods. Food Sci. Technol., Int.,* **2 (2):** 73-81.

SHAHIDI, F., (2002). Lipid-derived flavors in meat products. In: Meat Processing Improving Quality. Eds: Joseph Kerry, John Kerry and David Ledward. CRC Pres LLC, Cambridge. p.: 105-117.

SHAMBERGER, R.J., SHAMBERGER, A.B., WILLIS, C.E. (1977). Malonaldehyde Content of Food. *Journal of Nutrition*, **107:** 1404-1409.

SOYER, A., KOLSARICI, N., CANDOĞAN, K. (1999). Tavuk etlerinin bazı kalite özellikleri ve besin ögelerine geleneksel ve mikrodalga ile pişirme yöntemlerinin etkisi. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, **23(2):** 289-296.

ŞİMŞEK, A., (2008). Kızartma yağlarının kararlılığı ve termal yöntemler ile kalitesinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

TANG, X., CRONIN, D.A. (2007). The effects of brined onion extracts on lipid oxidation and sensory quality in refrigerated cooked turkey breast rolls during storage. *Food Chem.*, **100:** 712-718.

TAUB, I.A. (1984). Free radical reactions in food. *J Chemical Education*, **61:** 313-324.

TICHIVANA, J.Z., MORRISSEY, P.A., (1985). Metmyoglobin and inorganic metals as prooxidants in raw and cooked muscle systems. *Meat Sci.*, **15:** 107-116.

TOKUR, B., KORKMAZ, K., AYAS, D. (2006). Comparison of two thiobarbituric acid (TBA) method for monitoring lipid oxidation in fish. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, **23 (3-4):** 331–334.

ULU, H. (2004). Evaluation of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in various meats and meat products. *Meat Sci.*, **67:** 683–687.

VELASCO, P.J., DOBARGANES C., MARQUEZ-RUIZ, C. (2003). Variables affecting lipid oxidation in dried microencapsulated oils. *Grasas y Aceites.*, **54(3):** 304-314.

VLIEGENTHART, J.F.G. (1979). Enzymic and non enzymic oxidation of polyunsaturated fatty acids. *Chemistry and Industry*, 241-251.

WIDAYAKA, K., SETYAWARDANI, T., SUMARMONO, S. (2001). The effect of storage and cooking on lipid oxidation of raw and cooked beef and goat meat. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition.*, **10:** 48.

WILKES, J.K., CONTE, E.D., KIM, Y. HOLCOMB, M., SUTHERLAND, J.B., MILLER, D.W. (2000). Sample preparation for the analysis of flavors and off-flavors in foods. *J. Chromatogr*., ***A*** **880:** 3 –33.

ZANINI, Z.F., COLNAGO, G.L., BASTOS,M.R., PESSOTTI, B.M.S., CASAGRANDE, F.P., LIMA, V.R. (2006). Oxidative stability and total lipids on thigh and breast meat of broilers fed diets with two fat sources and supplemented with conjugated linoleic acid. *Food Sci. Technol.*, **39(10):** 717-723.

ZOUARI, N., ELGHARBI, F., FAKHFAKH, N., BACHA, A.B., GARGOURI, Y., MILED, N. (2010). Effect of dietary vitamin E supplementation on lipid and colour stability of chicken thigh meat. *Afr. J. Biotechnol.* **9(15):** 2276-2283.

ÖZGEÇMİŞ

BİREYSEL BİLGİLER

Adı	: Oğuzhan
Soyadı	: KARAKULAK
Doğum Yeri ve Tarihi	: Üsküdar / 1975
Uyruğu	: T.C.
Medeni Durumu	: Evli
İletişim Adresi	: Değirmendere yalı mah. Leyla Atakan cad. 14/4 Gölcük / KOCAELİ 0542 6837449

EĞİTİM BİLGİLERİ

Üniversite	: Ankara Üniversitesi (1992-1998)
Lise	: Antalya Çağlayan Lisesi (1989-1992)
Ortaokul	: Antalya Merkez Ortaokulu (1986-1989)
İlkokul	: Manavuşak İlkokulu (1981-1986)
Yabancı Dil	: İngilizce

MESLEKİ DENEYİMİ

Canerler Marketler Zinciri / ANKARA

Sokak Hayvanlarını Koruma Derneği / ANTALYA

Akademi Veteriner Kliniği / ANTALYA

Karakulak Veteriner Kliniği / SAMSUN

Gölcük Deniz Ana Üs K.lığı Gıda Kontrol ve Hijyen Denetimi / KOCAELİ

KURS VE SEMİNERLER

Seminer	: At Etinin Bileşimi ve Gıda Güvenliği Açısından Önemi-Ankara 2010
Kurs	: ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Teknikleri-Ankara 2011 ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sisteminde Dokümantasyon ve İç Tetkik Uygulamaları Eğitimi-Ankara 2011