

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



PİŞİRME İŞLEMİ SIRASINDA TAVUK DÖNERİN LİPİT
FRAKSİYONUNDA MEYDANA GELEN BAZI
DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVİNÇ GÜLEN

BOLU, MART - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

KABUL VE ONAY SAYFASI

Sevinç GÜLEN tarafından hazırlanan “PIŞİRME İŞLEMİ SIRASINDA TAVUK DÖNERİN LİPİT FRAKSİYONUNDA MEYDANA GELEN BAZI DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 29/03/2019 tarihinde **BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü** Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Danışman
Doç. Dr. Semra TURAN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Şule KESKİN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Emin Burçin ÖZVURAL
Çankırı Karatekin Üniversitesi

İmza


.....


.....


.....

Mezuniyet Tarihi

Prof. Dr. Ömer ÖZYURT



Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



Aileme,

ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sevinç GÜLEN



ÖZET

**PIŞİRME İŞLEMİ SIRASINDA TAVUK DÖNERLERİN LİPİT
FRAKSİYONUNDA MEYDANA GELEN BAZI DEĞİŞİMLERİN
İNCELENMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SEVİNÇ GÜLEN
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. SEMRA TURAN)**

BOLU, MART - 2019

Bu çalışmada, tavuk dönerin üretimi sırasında uygulanan ısı işleme bağlı olarak lipit fraksiyonunda meydana gelen değişim araştırılmıştır. Isıl işlem öncesi ve pişirme sırasında alınan numunelerden ekstrakte edilen lipit fraksiyonunun oksidasyon düzeylerinin belirlenmesi için konjuge dien değeri, özgül absorbans değerleri (K_{232} ve K_{270}), peroksit değeri, tiyobarbitürik asit değeri (TBA), serbest asitlik miktarı ve polimer trigliserit miktarı belirlenmiştir. Ayrıca bu lipit örneklerinde ve yağı uzaklaştırılmış tavuk eti örneklerinde serbest ve ester bağlı monokloropropandiol (MCPD) miktarları ile tavuk eti örneklerinde renk (L^* , a^* , b^* , C^* , h) değerleri ve akrilamid düzeyleri belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, pişirme sırasında tavuk dönerin maksimum merkez ve yüzey sıcaklıkları sırasıyla 10.6 °C ve 80.3 °C olarak bulunmuştur. Pişirme sırasında döner örneklerinin L^* değerleri artarken, a^* değerleri düşmüştür. Döner örneklerinin nem miktarları pişirme ile azalırken, yağ miktarları artmıştır. Pişmiş döner numunelerinden ekstrakte edilen yağların serbest yağ asiti miktarları %1.33-2.06; peroksit değerleri 1.0-3.9 meş O_2 /kg; K_{232} değeri 1.75-5.79; K_{270} değeri 0.18-3.33; TBA değeri 1.27-2.87 mg MA/kg; polar madde miktarları 7.30-9.77 ve polimer trigliserit miktarları 0.024-0.031 g/100 g olarak belirlenmiştir.

Çiğ ve pişmiş döner örneklerinin C16:0, C16:1, C18:0, C18:1c, C18:2 ve C18:3 oranları sırasıyla %19.90 ve 19.07; %3.12 ve 2.60; %5.28 ve 5.71; %32.32 ve 31.86; %34.89 ve 36.43 ile %3.16 ve 3.00 şeklinde belirlenmiştir.

Pişirme işlemi ile ester 3-MCPD miktarları artarken, serbest 3-MCPD miktarlarında ise düşme saptanmıştır. Döner numunelerinin akrilamid miktarları ise dedeksiyon limitinin altında kalmıştır. Sonuç olarak, pişirme işlemi düşük sıcaklıklarda gerçekleştiğinden lipit oksidasyon ürünleri ile serbest ve ester bağlı 3-MCPD miktarları düşük olmuştur. Tavuk dönerin akrilamid açısından ise risk taşımadığı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Tavuk döner, lipit oksidasyonu, MCPD, akrilamid, K_{232} , K_{270} , peroksit değeri, TBA değeri

ABSTRACT

**INVESTIGATION OF SOME CHANGES OCCURRING IN THE LIPID
FRACTION OF CHICKEN DÖNER KEBAB
DURING COOKING
MSC THESIS
SEVİNÇ GÜLEN
BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. SEMRA TURAN)**

BOLU, MARCH 2019

In this study, the change in lipid fraction due to heat treatment applied during chicken döner kebab production was investigated. In order to determine the oxidation levels of the lipid fraction extracted from the samples taken before and during the heat treatment, the conjugated diene value, specific absorbance values (K_{232} and K_{270}), peroxide value, thiobarbituric acid value (TBA), free fatty acid amount and polymer triglyceride amount were determined. In addition, free and ester-bound monochloropropanediol (MCPD) levels in extracted lipid fraction and defatted chicken meat samples, and color (L^* , a^* , b^* , C^* , h) values and acrylamide levels of chicken meat samples were determined.

According to the results, the maximum center and surface temperatures of the chicken döner kebab during cooking were 10.6 °C and 80.3 °C, respectively. During cooking, L^* values of döner kebab samples were increased while a^* values decreased. As the moisture content of the döner kebab samples decreased with cooking, the oil amounts increased. The free fatty acid contents of the oils extracted from the cooked döner kebab samples were 1.33-2.06%; peroxide values 1.0-3.9 mesh O_2/kg ; K_{232} values 1.75-5.79; K_{270} values 0.18-3.33; TBA values 1.27-2.87 mg MA/kg; polar material contents 7.30-9.77% and polymer triglyceride contents were determined as 0.024-0.031 g/100 g.

C16:0, C16:1, C18:0, C18:1 c , C18:2 and C18:3 ratios of raw and cooked döner kebab samples were respectively 19.90% and 19.07; 3.12% and 2.60; 5.28% and 5.71; 32.32% and 31.86; 34.89% and 36.43 and 3.16% and 3.00 respectively.

As the amount of ester 3-MCPD increased with cooking process, free 3-MCPD levels decreased. The acrylamide content of the döner kebab samples was below the detection limit. As a result, since the cooking process was carried out at low temperatures, the amount of free and ester-bound 3-MCPD and lipid oxidation products was low. It was determined that chicken döner kebab had no risk for acrylamide.

KEYWORDS: Chicken döner kebab, lipid oxidation, MCPD, acrylamide, K_{232} , K_{270} , peroxide values, TBA values

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xi
TEŞEKKÜR	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURUMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMA.....	4
2.1 Lipit Oksidasyonu	4
2.2 Et Ürünlerinde Pişirme Sırasında Oluşan Lipit Oksidasyon Ürünlerinin Tespitine Yönelik Yapılan Çalışmalar.....	7
2.3 MCPD Oluşum Mekanizması	12
2.4 MCPD Esterlerinin Gıdalarda Tespitine Yönelik Çalışmalar	13
2.5 Akrilamid Oluşum Mekanizması	15
2.6 Akrilamid Oluşumunun Gıdalarda Tespitine Yönelik Çalışmalar	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
3.1 Materyal.....	19
3.2 Metod.....	20
3.2.1 Döner Örneklerinin Alımı Sırasında Dönerin Merkez ve Yüzey Sıcaklıklarının Ölçülmesi	20
3.2.2 Renk Tayini.....	20
3.2.3 Nem Miktarının Belirlenmesi	21
3.2.4 Yağ Miktarının Belirlenmesi	21
3.2.5 Soğuk Ekstraksiyon Metodu ile Döner Numunelerinden Lipit Ekstraksiyonu.....	22
3.2.6 Serbest Yağ Asidi Miktarının Belirlenmesi.....	22
3.2.7 Örneklerin Lipit Oksidasyon Düzeyinin Ölçülmesi	23
3.2.7.1 Konjuge Dien Miktarı, K_{232} ve K_{270} Değerlerinin Belirlenmesi.....	23
3.2.7.2 Peroksit Sayısı (Demir-Tiyosiyanat Metodu).....	24
3.2.7.3 TBA Değeri	25
3.2.8 Polar Madde Tayini	26
3.2.9 Polimer Trigliserit Tayini	26
3.2.10 Yağ Asidi Bileşiminin Belirlenmesi	28
3.2.11 Lipit Fraksiyonunda Bulunabilecek MCPD Esterlerinin Belirlenmesi	28
3.2.12 Serbest MCPD Miktarının Belirlenmesi.....	29
3.2.13 Tavuk Dönerde Akrilamid İçeriğinin Belirlenmesi	30
3.2.14 İstatistiksel Değerlendirme	31

4. BULGULAR VE TARTIŞMA	32
4.1 Döner Örneklerinin Alımı Sırasında Dönerin Merkez ve Yüzey Sıcaklıkları.....	32
4.2 Renk Değerleri	34
4.3 Nem Miktarı	39
4.4 Yağ Miktarı	40
4.5 Serbest Yağ Asidi Miktarı.....	42
4.6 Döner Numunelerinin Lipit Oksidasyon Düzeyleri	43
4.6.1 Peroksit Değeri	43
4.6.2 Konjuge Dien Miktarı	44
4.6.3 K ₂₃₂ ve K ₂₇₀ Değerleri	45
4.6.4 TBA Değeri.....	48
4.7 Polar Madde Miktarı	50
4.8 Polimer Trigliserit Miktarı	51
4.9 Yağ Asidi Bileşimi	52
4.10 Serbest ve Ester MCPD Miktarları	56
4.11 Akrilamid Miktarı.....	59
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	61
6. KAYNAKLAR.....	65
7. EKLER.....	74
EK A Polimer Trigliserit Analizi Örnek Kromatogramları.....	74
EK B Yağ Asidi Bileşimi Örnek Kromatogramları	75
EK C MCPD Analizi Örnek Kromatogramları	76
EK D MCPD Analizi Standart Kromatogramları.....	77
EK E Akrilamid Analizi Standart Kromatogramları	78
8. ÖZGEÇMİŞ.....	80

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Otoksidasyon mekanizması	5
Şekil 2.2. Hidroperoksitlerin parçalanmasıyla ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumu	5
Şekil 2.3. Serbest 3-MCPD ve 3- MCPD Esterleri	12
Şekil 2.4. MCPD'nin kimyasal yapısı	13
Şekil 2.5. Gıdalarda akrilamid oluşum makenizması	16
Şekil 3.1. Pişirilme sırasında tavuk döner.....	19
Şekil 4.1. D3 kodlu dönerden pişirmenin 2. saatinde alınan numuneye ait GC-MS kromatogramı	60
Şekil 4.2. D3 kodlu dönerden pişirmenin 6. saatinde alınan numuneye ait GC-MS kromatogramı	60
Şekil 4.3. 10 ng/mL konsantrasyonundaki akrilamid standardına ilişkin GC-MS kromatogramı	60
Şekil A.1. D2 kodlu dönerin pişirmenin 4. saatinde alınan örneğine ait polimer trigliserit analiz kromatogramı	74
Şekil B.1. D1 kodlu dönerin çiğ örneğine ait yağ asidi metil esterleri kromatogramı.....	75
Şekil B.2. D1 kodlu dönerin pişirmenin 6. saatinde alınan örneğine ait yağ asidi metil esterleri kromatogramı	75
Şekil C.1. D1 kodlu dönerin çiğ örneğine ait MCPD analiz kromatogramı ve spektrumu.....	76
Şekil D.1. 3-MCPD standardına ait GC-MS kromatogramı ve spektrumu	77
Şekil E.1. Standart çözeltilerin akrilamid analiz kromatogramları.....	79

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Alınan Tavuk Döner Örneklerinin Kodları.....	20
Çizelge 4.1. Dönerlerin Merkez ve Yüzey Sıcaklıkları	33
Çizelge 4.2. Döner Numunelerinin L^* , a^* , b^* Değerleri.....	35
Çizelge 4.3. Döner Numunelerinin C^* ve h Değerleri.....	38
Çizelge 4.4. Döner Numunelerinin Nem Miktarı	39
Çizelge 4.5. Döner Numunelerinin Yağ Miktarı	41
Çizelge 4.6. Döner Numunelerinden Ekstrakte Edilen Yağların Serbest Yağ Asidi Miktarları	42
Çizelge 4.7. Döner Numunelerinden Ekstrakte Edilen Yağların Peroksit Değerleri	43
Çizelge 4.8. Döner Numunelerinin Konjuge Dien Değerleri	44
Çizelge 4.9. Döner Numunelerinin K_{232} ve K_{270} Değerleri.....	47
Çizelge 4.10. Döner Numunelerinin TBA Değerleri	49
Çizelge 4.11. Döner Numunelerinin Polar Madde Miktarları	51
Çizelge 4.12. Döner Numunelerinin Polimer Trigliserit Miktarı	52
Çizelge 4.13. Döner Numunelerinin Yağ Asidi Bileşimi Oranları.....	55
Çizelge 4.14. Döner Numunelerinde Bulunan Serbest ve Ester-Bağlı 3-MCPD Miktarları ($\mu\text{g}/\text{kg}$).....	58

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

ANOVA	: Varyans Analizi
AOCS	: Amerikan Yağ Kimyacıları Derneği
BHA	: Bütillenmiş Hidroksi Anisol
BHT	: Bütillenmiş Hidroksi Toluen
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
GC-MS	: Gaz Kromatografisi- Kütle Spektrometresi
IDF	: Uluslararası Süt Federasyonu
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
MA	: Malonaldehid
MCPD	: Monokloropropandiol
MDA	: Malondialdehid
MUFA	: Tekli doymamış yağ asidi
PUFA	: Çoklu doymamış yağ asidi
SFA	: Doymuş yağ asidi
SPSS	: Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi
TBA	: Tiyobarbitürik asit
TG	: Trigliserit

TEŞEKKÜR

Bu araştırmada bilgi birikimleri ve deneyimleri ile tezimin her aşamasında yardımını esirgemeyen tez danışmanım Doç.Dr. Semra TURAN'a,

2018.09.04.1273 nolu Araştırma projesi kapsamında sağladığı olanaklardan dolayı B.A.İ.B.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na,

Bölüm imkânlarından yararlanmamı sağlayan Gıda Mühendisliği Bölümü Başkanı

Prof.Dr. İbrahim ÇAKIR'a,

Polimer trigliserit analizi ve yağ asidi bileşim analizlerindeki desteklerinden dolayı Yenigıdam Araştırma Merkezi çalışanlarından Öğr. Gör. şebnem KURHAN'a,

MCPD analizindeki yardımlarından dolayı BETUM çalışanlarından Öğr. Görevlisi Dr. Sanaz LAKESTANI'ye

Çalışmamda kullandığım tavuk dönerleri sağlayan ERPİLİÇ ENTEGRE TAV. ÜRETİM PAZ. VE TİC. LTD. şTİ.'ye,

Sevgi ve destekleri ile her zaman yanımda olan sevgili AİLEME teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Türk Gıda Kodeksi et ve et ürünleri tebliğine göre kanatlı eti döneri; çiğ kanatlı hayvan etlerinin biri veya bunların karışımına istenildiğinde kuyruk yağı, gömlek yağı, lezzet vericiler ile diğer gıda bileşenlerinden biri veya birkaçı ilave edilerek hazırlanan ve döner şişine dizilerek silindir formu verilmiş pişirilmeye hazır kanatlı et karışımı veya yatay ya da dikey olarak döndürülerek pişirilmiş et ürünü olarak ifade edilmektedir (TGK, 2012).

Gyro, donair, dona kebab, chawarma gibi farklı isimlerle anılan döner, geleneksel bir et ürünü olup, Orta Doğu, Asya, Avrupa ve dünyanın çeşitli yerlerinde oldukça popülerdir (Bektaş, 2009, Ergönül vd., 2012).

Döner üretiminde kuzu, dana, sığır etleri, tavuk veya hindi etleri ince dilimlenmiş ya da kıyılmış olarak kullanılmaktadır. Et genellikle tuz, baharatlar, soğan suyu, domates sosu, salça ve yoğurt ile terbiye edilmektedir. Bu işlem sonrasında et sığır iç yağı veya koyun kuyruk yağı ile karıştırılmakta ve yoğurulmaktadır. Hazırlanan et karışımı dikey bir şişe takılarak 24 saat buzdolabında bekletilmektedir. Daha sonra çiğ dönerin yüzeyden pişirilmesi için döner şişi gaz, kömür veya elektrik ile çalışan ocağa yerleştirilerek yavaş yavaş dönmesi sağlanmaktadır. Et yüzeyi piştiği zaman tıraşlanarak kesilmekte ve tabakta veya ekmek arasında çeşitli sebzeler ve baharatlar ile birlikte müşteriye sunulmaktadır (Ergönül vd., 2012; Gonulalan vd., 2004; Kılıç, 2009; Kılıç ve Richard, 2003).

Et ve et ürünlerinin pişirilmesi sırasında sıcaklığa maruz kalması lipit fraksiyonunda değişimlere neden olmaktadır. Özellikle yüksek sıcaklıklarda uzun süreli pişirmeyle birlikte bazı oksidatif değişimler gerçekleşmekte ve ürünün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Kesava vd., 1996; Şişlioğlu, 2012).

Et ve et ürünlerinin lipit oksidasyonuna duyarlı olmasının en önemli sebebi çoklu doymamış yağ asitlerini içermesidir. Çoklu doymamış yağ asitlerince zengin

olan fosfolipitler membran zarında bulunmakta, et ve et ürünlerinde oksidatif değişimleri başlatmaktadır (Kılıç ve Richard, 2003). Oksidasyonun başlangıç aşamasında; doymamış yağ asitleri oksijenle reaksiyona girmekte ve hidroperoksitler oluşmaktadır. Oksidasyonun başlangıç ürünleri olan bu hidroperoksitler stabil değillerdir ve gelişme aşamasında; iz elementlerin varlığında indirgenerek serbest radikaller oluşturmaktadırlar. Bu durumda oksidasyon hızlanmakta, et ve ürünlerinin tekstür, renk, besin değeri ve güvenilirliğini olumsuz etkileyen aldehitler, ketonlar ve diğer radikal olmayan bileşikler oluşturmaktadır (Juntachote vd., 2006). Ayrıca lipit oksidasyonu ve maillard reaksiyonu sonucunda oluşan ürünler arasında da etkileşimler olduğu ve pişmiş et ürünlerinde tat değişimine neden olduğu belirtilmektedir (Gray vd., 1996).

Yağların oksidasyonu, çiğ veya pişmiş et ürünlerinin depolama koşullarındaki bozulma derecesini, yani etlerin kalitesini gösteren en önemli parametrelerden birisidir (Oruç vd., 2005). Et ürünlerinde yağların hidrolizi ve oksidasyonu, hammaddeye, katkı maddelerine, sıcaklık, pH ve zaman gibi faktörlere bağlı olarak değişiklikler gösterebilmektedir (Visessanguan vd., 2004).

Gıda ürünlerinin işlenmesi veya raf ömrünün uzatılması için pişirme, haşlama, fırınlama, ızgara yapma, yağda kızartma ve sterilizasyon gibi ısı işlemler uygulanmakta ve bu işlemler genellikle 90- 220 °C sıcaklıklarda gerçekleşmektedir. Bu gibi yüksek sıcaklıklar kanserojenik/mutajenik bileşenler olarak bilinen heterosiklik aminler, polisiklik aromatik hidrkarbonlar, N- alkil-nitrozaminler ve akrilamid gibi toksik bileşenlerin oluşumuna neden olabilmektedir (Claeys vd., 2005). Akrilamid karbonhidrat ve protein içeren gıdaların yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi (kızartma ve fırınlama gibi) sonucu oluşan bir bileşiktir (Karagöz, 2009). Ayrıca oluşan bu bileşenler gıdaların besleyici özelliğini ve gıda güvenliğini de azaltabilmektedir (Claeys vd., 2005).

Gıdalardaki MCPD'nin çoğunluğunun ester formunda olduğu az bir kısmının ise serbest formda olduğu belirtilmektedir. 3-MCPD miktarı rafine yağlarda 0.2-20 mg/kg arasında değişirken; soya sosları, ekmek ve benzeri fırıncılık ürünleri, kullanıma hazır bebek mamaları ile et ürünlerinde 3- MCPD miktarının düşük düzeylerde bulunduğu bildirilmektedir (Weiβhaar, 2008; 2011). Avrupa Birliği

tarafından 3- MCPD'nin günlük tolere edilebilir miktarı 2 µg/kg vücut ağırlığı/gün olarak belirlenmiştir (Hori vd., 2012).

Chung vd. (2008) Hong Kong'da satışa sunulan 318 farklı gıdadaki serbest MCPD miktarlarını belirlemiştir. Çalışmada MCPD sık tüketilen birçok gıdada bulunmaz iken, 101 örnekte 3-66 µg/kg düzeyinde belirlenmiştir. Çerez türü gıdalarda diğer gıdalara kıyasla daha yüksek oranda MCPD bulunmuştur. Sığır, kümes hayvanları etleri ve onların ürünlerinde MCPD 4-22 µg/kg düzeyinde belirlenmiştir.

Bu çalışma ile geleneksel olarak üretimi yapılan tavuk döneri örneklerinde pişirme işlemine bağlı olarak ürünlerin lipit fraksiyonunda meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla tavuk döneri üretimi sırasında belirli aralıklarla alınan et numunelerinden lipit fraksiyonu Folch ekstraksiyon yöntemiyle ekstrakte edilmiştir. Isıl işlem öncesi ve pişirme sırasında alınan numunelerden ekstrakte edilen lipit fraksiyonunun oksidasyon düzeylerinin belirlenmesi için konjuge dien değeri, özgül absorbans değerleri (K_{232} ve K_{270}), peroksit, tiyobarbitirik asit değerleri (TBA), serbest asitlik miktarları ve polimer trigliserit miktarları belirlenmiştir. Ayrıca bu lipit örneklerinde ve yağı uzaklaştırılmış et örneklerinde serbest ve bağlı monokloropropandiol (MCPD) miktarları ile et örneklerinde renk (L^* , a^* , b^* , C^* , h) değerleri ve akrilamid düzeyleri belirlenmiştir.

2. KURUMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMA

2.1 Lipit Oksidasyonu

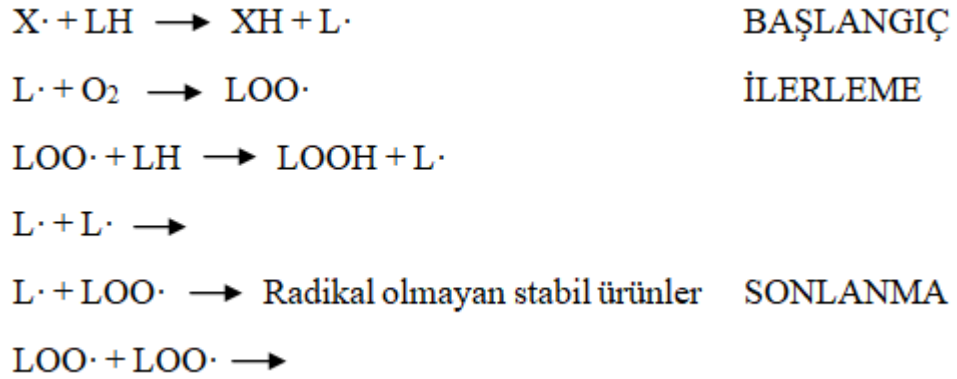
Yağ asitlerinin oksidasyonu oksijen varlığında enzimatik veya enzimatik olmayan yollarla gerçekleşen karmaşık bir olgudur. Yağların doymamışlık derecesi ve oksijen varlığı reaksiyonun gerçekleşmesinde etkili olan önemli iki faktördür. Ayrıca ortamda bulunan ısı, ışık, metaller, azot ve oksijen reaktif türleri de reaksiyonu katalizlemektedir (Kayahan, 1998; Mariutti and Bragagnolo, 2017).

Enzimatik olmayan oksidasyon otoksidasyon ve foto-oksidasyon olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Otoksidasyon moleküler veya triplet oksijen varlığında, foto-oksidasyon ise singlet oksijen varlığında oluşur. Enzimatik oksidasyon ise lipoksigenaz enziminin etkisiyle meydana gelir. Et ve et ürünlerinde enzimatik oksidasyonun etkisi azdır (Mariutti and Bragagnolo, 2017).

Lipit peroksidasyonu, başlangıç, ilerleme ve sonlanma olmak üzere üç aşamadan oluşan serbest radikal zincir reaksiyonudur. Otoksidasyonun birincil ürünlerinin oluştuğu bu aşamalar Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Lipit peroksidasyonunun başlangıç aşamasında lipit moleküllerinden kararsız bir hidrojen atomunun kopması ile serbest radikaller oluşur. Lipit zincirinden H atomunun çıkması sonucunda kalan karbondaki eşlenmemiş elektron oluşur ve bu karbon radikali konjuge dien oluşturur. Peroksidasyonun ilerleme aşamasında konjuge dienler moleküler oksijenle bağlanarak peroksi radikallerini oluşturur. Öncelikle peroksi radikaller diğer lipit moleküllerinden bir H atomu alarak hidroperoksitlerin oluşmasına neden olmaktadır (Koca ve Karadeniz, 2003; Min and Ahn, 2005).

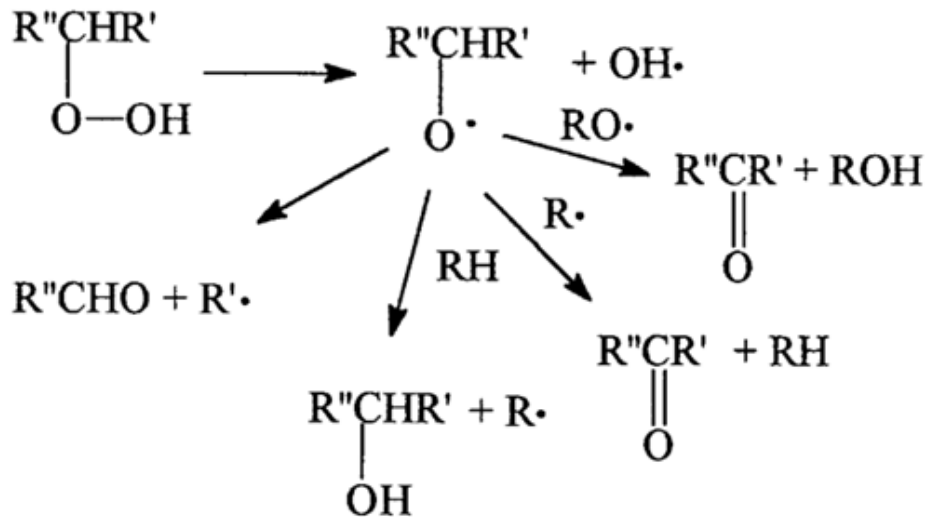
Otoksidasyon tepkimelerinin ilk aşamasında oluşan hidroperoksitler tatsız ve kokusuz maddelerdir. Bu yüzden yağların duyu özelliklerine etkisi yoktur. Ancak hidroperoksitlerin parçalanması ile oluşan aldehit ve ketonlar gibi bileşikler aktif

kokulu ve uçucu karakterde olduklarından yağların duyuşsal olarak bozulmasına neden olmaktadır (Belitz vd., 2009; Ross and Smith, 2006).



Şekil 2.1. Otoksidasyon mekanizması (Koca ve Karadeniz, 2003).

Hidroperoksitler lipit oksidasyonunda en önemli başlangıç reaksiyon ürünleridir ve stabil olmayan yapıya sahiptirler. Ortamda bulunan radikallerle kolaylıkla bozunmaya uğramaktadırlar. Böylece pentanal, hekzanal ve malondialdehit (MDA) gibi ikincil ürünlerin oluşmasına neden olmaktadır (Fernandez vd., 1997). Şekil 2.2’de hidroperoksitlerin parçalanma reaksiyonları gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Hidroperoksitlerin parçalanmasıyla ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumu (Şişlioğlu, 2012).

Lipit oksidasyonu gıdaların özellikle et ürünlerinin kalitesinin düşmesine neden olan bozulmalardan biridir. Kalitedeki düşme flavorda, renkte, tekstürde ve besinsel değerinde düşme ve toksik bileşiklerin oluşması şeklinde gerçekleşmektedir. Kas sistemlerinde lipit oksidasyonu membran düzeyinde fosfolipit fraksiyonunda başlamaktadır. Geçiş metalleri varlığında özellikle de demir varlığında kas içinde doymamış yağ asitlerinden protonun ayrılmasına neden olan türler oluşmaktadır (Gray vd., 1996).

Gıdalar genellikle %1-2 oranında tuz içermektedir. Ancak bazı et ürünlerinin tuz içeriği daha fazladır. Tuzun lipit oksidasyonu üzerinde etkisine dair çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalardan bir kısmı tuzun et ürünlerinde lipit oksidasyonunda pro-oksidan etki gösterdiğini, bir kısmı ise lipit oksidasyonunda tuzun etkisinin olmadığını savunmuşlardır (Mariutti and Bragagnolo, 2017).

Et ürünlerinde lipit oksidasyonu; işleme prosedürleri (ısıtma, kıyma, karıştırma), depolama tipi, süresi ve kullanılan katkı maddeleri gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Chizzolini vd., 1998).

Lipit oksidasyonu ve miyogloblin oksidasyonu ette lezzet dışı bileşiklerin oluşumuna ve renk bozulmalarına neden olmaktadır. Bu prosesler genellikle birbirleriyle bağlantılıdır ve birinin oksidasyonu diğerinin oksidasyonunu hızlandıran kimyasal oluşumlar olarak görülmektedir (Faustman vd., 2010).

Gıda lipitlerinin oksidasyonu insan sağlığı için risk faktörü olarak kabul edilmektedir. Bazı lipit oksidasyon ürünleri ve birkaç kolesterol oksidasyon ürünleri, aterosklerotik ajanlar olarak kabul edilmekte ve mutajenik, kanserojenik ve sitotoksik özelliklere sahip oldukları öne sürülmektedir. Ayrıca kolesterol oksidasyon ürünleri membrandaki kolesterol moleküllerini değiştirmekte, geçirgenlik, stabilite ve diğer membran özelliklerini bozmaktadırlar (Chizzolini vd., 1998).

2.2 Et Ürünlerinde Pişirme Sırasında Oluşan Lipit Oksidasyon Ürünlerinin Tespitine Yönelik Yapılan Çalışmalar

Şişlioğlu (2012) et/tavuk döneri, Adana kebab ve köfte örneklerinde pişirme işlemine bağlı olarak bu ürünlerin lipit fraksiyonlarında meydana gelen değişimleri araştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, pişirme işleminin lipit oksidasyonuna etkisinin, ısıl işlemin derecesine ve örnek formülasyonuna bağlı olduğu tespit edilmiştir. Köz ateşinde pişirmenin uygulandığı Adana kebab ve köfte örneklerinin yağ asidi bileşimlerinde genel olarak önemli değişimlerin olmadığı saptanmıştır. Diğer yandan doğrudan gaz aleviyle pişirmenin uygulandığı et ve tavuk döneri örneklerinin ise lipit fraksiyonlarının yağ asidi profillerinde, özellikle de major yağ asitlerinde önemli değişimler meydana geldiği saptanmıştır. Tavuk dönerlerinde yüksek sıcaklık uygulamasına bağlı olarak trans yağ asidi oranlarında artışlar tespit edilirken, et döneri örneklerinde vaksenik asit oranındaki azalmaya bağlı trans yağ asidi azalması tespit edilmiştir. Örneklerin ikincil oksidasyon ürünlerinden olan aldehitlerin konsantrasyonunun belirlenmesi için yapılan TBA analizine göre; tavuk dönerlerde pişirme ile birlikte önemli bir değişim görülmezken, et dönerlerde artış meydana gelmiştir. Yine ikincil oksidasyon ürünlerinden biri olan hekzanal miktarı değerlendirildiğinde; örneklerde pişirmeyle birlikte değişkenlik görülmüştür. Bazı örneklerde hekzanalin sıcaklığın etkisiyle uzaklaşması sonucu önemli azalmalar meydana gelmiştir.

Ergönül ve Kundakçı (2006a) çiğ ve pişmiş et dönerinin pH değeri, protein, yağ, nem ve kül miktarı gibi kimyasal özelliklerini belirlemiştir. Çiğ dönerin pH değeri, protein, yağ, nem ve kül miktarı sırasıyla 6.03, %19.93, %13.91, %62.39 ve %2.07, pişmiş dönerin ise 6.23, %38.00, %16.58, %39.48 ve %3.03 olduğu bildirilmiştir. Çiğ ve pişmiş örneklerin toplam doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri sırasıyla %28.52, %42.50, %28.68 ve %30.17, %41.34, %25.92 olarak bulunmuştur.

Şimşek ve Kılıç (2016) orkinos etinin döner üretiminde kullanılması ve marinasyon, pişirme ve saklama koşullarının (+4 °C ve -18 °C) dönerin özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Orkinos eti, çiğ, pişirilmiş ve depolanmış döner örneklerinin nem, protein, yağ, kül, pH, kolesterol, biyojenik aminler, lipit

oksidasyonu, yağ asiti profili, mikrobiyolojik ve duysal özellikleri belirlenmiştir. Döner kebapta düşük düzeyde biyojenik amin ve kolesterol tespit edilmiştir. Pişirme işleminin, mikrobiyal yükü ve histamin düzeylerini etkilediği ($p<0.05$) belirlenmiştir. TBA analizi sonuçlarına göre genel olarak tüm pişmiş döner kebab örneklerinin lipit oksidasyon düzeyi, depolama süresince kademeli olarak artış göstermiştir. Ancak $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan örneklerin TBA değerlerinin $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de depolananlara göre daha düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Şimşek ve Kılıç (2013) bir başka çalışmada marinasyon, pişirme ve depolama sıcaklığının somon etinden yapılan dönerin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çiğ et, pişirilmiş ve depolanmış dönerlerin nem, protein, yağ, kül, renk, pH, kolesterol, biyojenik amin, yağ asiti profili, mikrobiyolojik ve duysal özellikleri incelenmiştir. Dönerdeki başlıca yağ asitlerinin palmitik, oleik, omega-3 ve omega-6 doymamış yağ asitleri olduğu ve oranlarının doymuş yağ asitlerine kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur. Lipit oksidasyonu ve mikrobiyolojik gelişimin inhibisyonu üzerine $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de depolamanın $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de depolamaya göre daha etkili olduğu görülmüştür. TBA değerlerine dayanarak lipit oksidasyon düzeyi genellikle depolama süresince kademeli artış gösterirken $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de depolama şartlarında TBA değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür.

Kayaardı vd. (2005) tarafından hindi etinden üretilen dönerlerin duysal ve kimyasal özellikleri $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de depolama süresince incelenmiştir. TBA değeri, peroksit değeri, toplam canlı mikroorganizma sayıları belirlenmiştir. 12 gün boyunca hindi dönerin duysal özelliklerinde istenmeyen bir değişim olmamıştır. Depolama süresince peroksit ve TBA değerlerinde ise artış olmuştur. 12 günlük depolama sonunda peroksit değeri başlangıçtaki dört katına, TBA değeri ise başlangıçtaki iki katına çıkmıştır. Hem peroksit hem de TBA değeri depolama süresince zamanla doğrusal olarak artış göstermiştir. Hindi etinin çoklu doymamış yağ asitlerince zengin olduğu ve bu nedenle de depolama sırasında oksidatif ransiditenin geliştiği bildirilmiştir.

Dönerin kalitesi ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan birinde tavuk dönerin $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 3 ay kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinde önemli

bir değişiklik olmadan depolanabileceği bildirilmiştir (Ergönül ve Kundakçı, 2006b). Diğer bir çalışmada hindi dönerlerin 12 gün soğukta muhafaza edilebileceği bildirilmiştir. 12 gün sonrasında oksidasyon hızlanmaktadır (Kayaardi vd., 2005). Başka bir çalışmada mekanik olarak sıyrılmış hindi eti ile askorbat eklenmiş mekanik olarak sıyrılmış hindi etinin lipit oksidasyonunu hızlandırdığı, tek başına askorbat ilavesi ve vakum paketlemenin ise lipit oksidasyonunu önlediği bildirilmiştir (Kılıç and Richards, 2003). Kanatlı eti döner yapımında kullanıldığında bazı tekstürel sorunlar olduğu, dönerin kesilmesi sırasında kolaylıkla küçük parçalara bölündüğü belirtilmiştir. Bu küçük parçaların ise tüketici tarafından tercih edilmediği vurgulanmıştır. Kılıç (2003) transglutaminaz enziminin bu sorunu önlediğini, sodyum kazeinat ile birlikte kullanıldığında ise daha etkili olduğunu bildirmiştir.

Köseoğlu (2014) sucuk, pastırma, salam ve kavurma gibi ürünlerin üretiminin çeşitli aşamalarında alınan örneklerin doymuş yağ asitleri oranında, TBA değerinde, peroksit sayısında ve serbest yağ asidi miktarlarında artışlar olduğunu saptamıştır. Ancak lipit oksidasyonunda gözlenen bu artışların ürün açısından olumsuzluk oluşturmadığı, tüketilene kadar uygun depolama koşullarında muhafaza edilebileceği bildirilmiştir.

İbik (2007) tarafından yapılan bir araştırmada; sığır ve tavuk etlerinden baharatlarla hazırlanan kavurma örneklerinde bazı kimyasal ve duyuusal analizler yapılmış ve incelenen örneklerde ortalama pH değerleri 5.78- 6.55 ve nem içerikleri ise %15.54-33.96 arasında bulunmuştur. Örneklerin ortalama TBA, peroksit ve serbest yağ asidi değerleri de sırasıyla 0.12-7.08 mg malonaldehit/kg, 1.50-5.7 meş O₂/kg, %0.38-1.21 arasında değişim göstermiştir.

Altun (2008) tarafından farklı randımanlarla (%40, %50, %60 ve %70) üretilmiş mekanik ayrılmış boyun, mekanik ayrılmış sırt ve mekanik ayrılmış tavuk göğüs etlerinin kimyasal bileşimleri incelenmiştir. TBA, pH, serbest yağ asiti ve toplam pigment miktarlarının randımanla beraber arttığı belirlenmiştir. Mekanik ayrılmış sırt etlerinin yüksek yağ, kolesterol ve çoklu doymamış yağ asidi içeriği nedeniyle oksidasyon açısından riskli bir ürün olduğu bulunmuştur. Mekanik ayrılmış göğüs etlerinin ise yüksek protein ve mineral madde içeriği ile düşük yağ, kolesterol, serbest yağ asiti ve TBA değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir.

Gibbs vd. (2013) tarafından ekonomik, standart ve organik olmak üzere 3 farklı pişmiş tavuk etinin (göğüs ve baget) ve tavuk eti ürünlerinin (burger ve nugget) yağ asiti bileşimleri araştırılmıştır. Sonuçta; tüm göğüs ve baget etlerinde doymuş ve tekli doymamış yağ asidi oranları birbirine yakın olmuş, baget etlerinde ise göğüs etine göre daha yüksek bulunmuştur. Genel olarak, işlenmiş tavuk ürünlerinin doymuş yağ asiti değerleri daha yüksek, uzun zincirli n-3 yağ asitleri ise daha düşük konsantrasyonlarda bulunmuştur.

Çağdaş (2011) tarafından üzüm çekirdeği tozu katkılı kaplama harcıyla kaplanarak pişirilen tavuk etleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre üzüm çekirdeği tozu miktarının artılması peroksit sayısı, *p*-anisidin değeri, TBA değeri ve konjuge dien miktarının azalmasına neden olmuştur. Üzüm çekirdeği tozunun ön kızartma işlemine tabi tutulan tavuk nuggetlarda yağ oksidasyonunun önlenmesinde önemli düzeyde etkili olduğu bildirilmiştir.

Flaczyk vd. (2006) çeşitli hidrolizatların köftelerin kolesterol ve yağ oksidasyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla köfte örneklerinin peroksit sayısı, *p*-anisidin değeri, TBA değeri ve kolesterol oksidasyon ürünleri incelenmiştir. Et sanayisi yan ürünlerinden elde edilen hidrolizatların yağ ve kolesterol oksidasyonunu önlediği bildirilmiştir.

Sampaio vd. (2012) tarafından pişmiş tavuk etinin (göğüs ve uyluk eti) lipit oksidasyonu üzerine adaçayı, kekik ve balın etkisi araştırılmıştır. Buzdolabında 96 saat bekletilmesi sırasında ekstrakt eklenmiş etlerde kontrol grubuna kıyasla daha düşük TBA değerleri saptanmıştır. Sonuç olarak; doğal antioksidan kaynağı olan adaçayı, kekik ve balın pişmiş tavuk etini lipit oksidasyonundan koruduğu bildirilmiştir.

Al-Hijazeen vd. (2016) depolama sırasında tanik asidin pişmiş tavuk göğüs etinin lipit ve protein oksidasyonu üzerine etkisini incelemişlerdir. 5 ppm ve 10 ppm tanik asit eklenmiş olan örneklerde lipit oksidasyonunun göstergesi olan hekzanal ve diğer aldehidlerin miktarının kontrol denemeye kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tanik asitin, çiğ ete kıyasla pişmiş ette daha yüksek antioksidan aktivite sergilediği belirlenmiştir.

Al-Hijazeen vd. (2018) tarafından pişmiş tavuk etlerinin lipit oksidasyonu üzerine tanik asit ve kekik yağının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla; kontrol, bütillenmiş hidroksi anisol (BHA) grubu ve 4 farklı konsantrasyonlarda kombine kekik yağı ve tanik asit içeren uyluk ve göğüs etinden oluşan örnekler hazırlanmış ve pişirilerek +4 °C'de 7 gün depolanmıştır. 10 ppm tanik asit + 200 ppm kekik yağı içeren tavuk etlerinin TBA değerinin kontrol ve diğer örneklerinkine kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Ramos vd. (2013) tarafından tavukların diyetlerine ve etlerine eklenen bazı katkıların soğukta ve dondurularak depolanmış pişmiş tavuk etlerinin lipit oksidasyonu üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla; farklı konsantrasyonlarda E vitamini (10 ve 100 ppm) ve kekik yağı (100 ppm) ile beslenen tavuklardan alınan etler ile %3 bal ve %0.02 bütillenmiş hidroksi toluen (BHT) eklenmiş etler pişirilmiş ve farklı şartlarda (+4 °C ve -20 °C) depolanarak analiz edilmiştir. Sonuçta; 10 ppm E vitamini içeren diyetle beslenen tavukların etlerinin tüm depolama şartlarında diğer örneklere göre daha yüksek TBA değerine sahip olduğu, bal içeren etlerin ise BHT'ye göre daha düşük TBA değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Adeyemi vd. (2011) tarafından narenciye tohum ekstraktının çiğ ve pişmiş tavuk etlerinin lipit oksidasyonu üzerine etkisi araştırılmıştır. Beş farklı grup (kontrol, BHA, portakal, limon ve greyfurt ekstraktı) oluşturularak çiğ ve pişmiş örnekler 12 gün +4 °C'de depolanmış, iki günde bir TBA analizi yapılmıştır. Sonuçta; narenciye ekstraktlarının lipit oksidasyonu üzerinde tüm (çiğ ve pişmiş) örneklerde BHA kadar etkili olduğu belirlenmiştir.

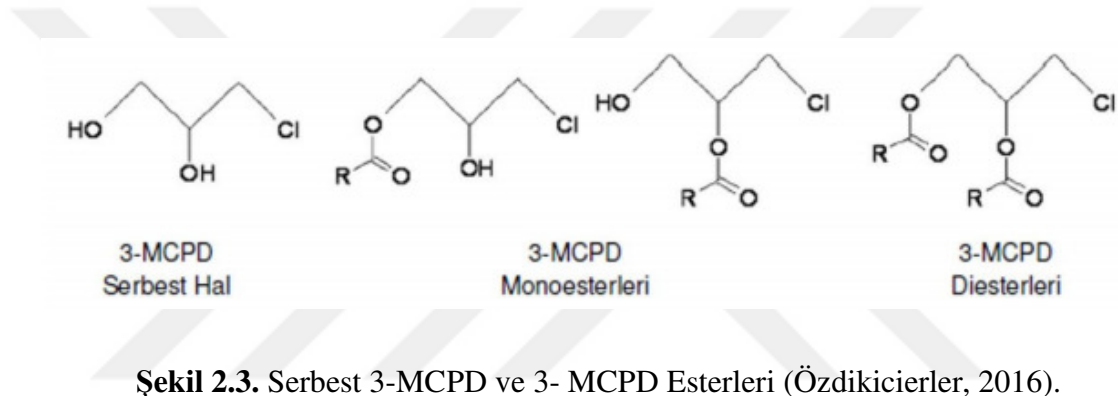
Sayago-Ayerdi vd. (2009) tarafından çiğ ve pişmiş tavuk hamburgerlerin lipit oksidasyonu üzerine üzüm ekstraktının etkisi araştırılmıştır. Dört farklı konsantrasyonda (%0.5, 1, 1.5, 2) hazırlanan ve +4 °C'de depolanan örneklerin 0, 3, 5 ve 13. günlerinde TBA değerleri belirlenmiştir. Sonuçta; üzüm ekstraktının lipit oksidasyonunu önlemede etkili olduğu ve etkisinin konsantrasyona bağlı olduğu tespit edilmiştir.

Özünlü vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada çeşitli ekstraktlar eklenen çiğ tavuk etinin depolama süresince fizikokimyasal, antioksidatif ve duyuşal

nitelikleri incelenmiştir. Depolama süresince ekstrakt eklenmiş olan etlerin TBA değerleri kontrol grubununkinden düşük olmuştur. Kontrol grubunda başlangıçta TBA değeri 0.1-0.26 mg malonaldehit/kg et olarak bulunmuştur.

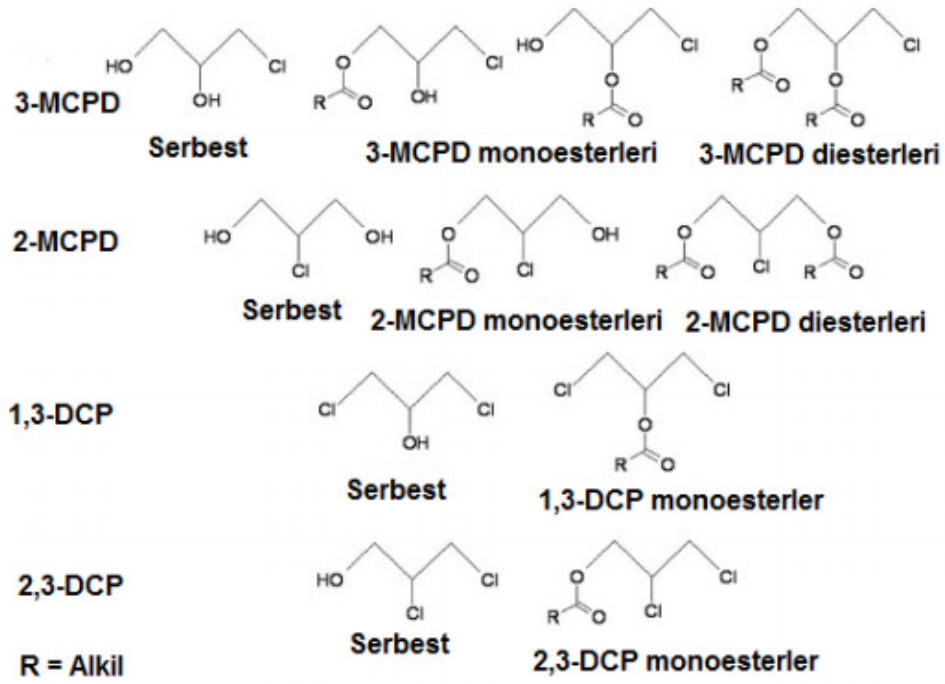
2.3 MCPD Oluşum Mekanizması

3-MCPD ilk defa 1978 yılında asitle hidroliz edilmiş bitkisel proteinlerde ve soya sosu gibi ürünlerde tespit edilmiştir. 3-MCPD ve diğer bazı kloropropanol esterleri bu tarihten itibaren karsinojenik maddeler olarak tanımlanmıştır (Velisek vd., 1980).



Şekil 2.3. Serbest 3-MCPD ve 3-MCPD Esterleri (Özdikicierler, 2016).

3-MCPD, gıda matriksi içerisinde serbest halde bulunabildiği gibi yağ asitleri ile esterleşmiş olarak da bulunabilmektedir. 3-MCPD esterlerinin oluşum mekanizması ile ilgili olarak birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, 3-MCPD esterlerinin oluşum mekanizmasına göre gliserol, monogliseritler ve digliseritlerin öncü maddeler olduğu, bu bileşiklerin yüksek sıcaklıklarda toksik glisidil esterlerine dönüştükleri ve klor iyonu ile 3-MCPD esterlerinin oluşumunun gerçekleştiği belirtilmektedir (Hamlet vd., 2011; Velisek vd., 1980; Zhang vd., 2013). MCPD oluşumunda ana etkenler klor iyonu, gliserol, gliserol esterleri, monogliserit, digliserit ve trigliseritlerdir. Ayrıca sıcaklık ve süre de bu oluşumu etkileyen parametrelerdir (Karabulut ve Yemişioğlu, 2012).



Şekil 2.4. MCPD'nin kimyasal yapısı (Andres vd., 2013).

3-MCPD esterlerinin toksikolojisi ve diyetle günlük alınan miktarı tam olarak bilinmemektedir. Ancak diyetle alınan MCPD esterlerinin lipaz enzimi ile gastrointestinal sistemde hidrolizi sonucu açığa çıkabilecek olası serbest 3-MCPD'nin vücuda alınması bu bileşiğin kanserojen olması nedeniyle önem taşımaktadır (Crews vd., 2013). 3-MCPD için tolere edilebilir günlük alım miktarı 2 µg/kg vücut ağırlığı olarak belirlenmiş olup, daha fazlasının özellikle böbrekler üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu bulunmuştur (Hori vd., 2012).

Sağlık üzerine olumsuz etkilerinin anlaşılmasından sonra gıdalarda 3-MCPD'nin tespiti ve uzaklaştırılması ile ilgili çalışmalar hızlandırılmıştır. Gıdalarda diğer kloropropanlara kıyasla daha yüksek oranda bulunan 3-MCPD genellikle bitkisel yağların rafinasyonu sırasında özellikle deodorizasyon aşamasında oluşmaktadır (Yıldırım ve Yorulmaz, 2017).

2.4 MCPD Esterlerinin Gıdalarda Tespitine Yönelik Çalışmalar

Wong vd. (2017) tavuk göğüs etlerinin kızartılması sırasında palm yağında 3-MCPD esterleri ve glisidil esterlerinin oluşumu üzerine kızartma sıcaklığının,

kızartma süresinin ve tuz ilavesinin etkilerini araştırmışlardır. Bu amaç doğrultusunda farklı konsantrasyonda tuz ilave edilmiş tavuk göğüs etleri 5 gün boyunca 100 dk/gün süresince derin yağda 160 °C ve 180 °C'de kızartılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, kızartma süresinin artmasıyla 3-MCPD esterlerinde ve glisidil esterlerinde düşme olduğu, tuz konsantrasyonunun artması ile ise 3-MCPD esterlerinde artış olduğu tespit edilmiştir. 3-MCPD esterlerinin stabil olmaması nedeniyle uzun süreli ısıtma sonucunda parçalandığı, glisidil esterlerinin ise arttığı bildirilmiştir.

Schallschmidt vd. (2012) ızgara ette farklı marinasyon ve pişirme tekniklerinin serbest 3-MCPD miktarı üzerine etkisini araştırmışlardır. En yüksek 3-MCPD içeriği yağla marine edilmiş ve ızgarada mangal kömürü ile pişirilmiş bifteklerde bulunmuştur.

Karl vd. (2015) çeşitli balık ürünlerinde serbest ve bağlı MCPD miktarlarını araştırmışlardır. Tütsülenmiş balıkların önemli miktarda serbest 3-MCPD (8-388 µg/kg) içerdiği tespit edilmiştir. Tütsülenmiş balık ürünlerinin 3-MCPD ve 2-MCPD esterlerinin potansiyel kaynağı olduğu bulunmuştur.

Jira (2010) tarafından 52 adet füme et ürününün (40 çiğ sosis, 11 çiğ jambon ve 1 emülsifiye edilmiş sosis) serbest 3-MCPD içerikleri araştırılmıştır. Füme et ürünlerinin 2-103 µg/kg değerleri arasında serbest 3-MCPD içerdiği tespit edilmiştir.

İngiltere'de çeşitli gıda maddelerinin (galeta unu, karamel, enzimle hidrolize edilmiş sebze proteini, jelatin, malt ürünleri, et özleri, modifiye nişastalar ve maya özleri) serbest 3-MCPD miktarları belirlenmiştir. Analiz edilen numunelerin %78'inde 3-MCPD tespit edilememiştir. Numunelerin %22'sinde ise 0.014-0.488 mg/kg arasında serbest 3-MCPD saptanmış ve en yüksek değer ise mısır dekstrininde bulunmuştur (Hamlet vd., 2002). Bir başka çalışmada ızgara sığır etinde 71 µg/kg düzeyinde 3-MCPD tespit edilmiştir (Crews vd., 2002).

Mogol vd. (2014) farklı sıcaklıklarda ve sürelerde pişirilen bisküvilerdeki serbest ve ester formundaki 3 MCPD ve 2-MCPD oluşumunu araştırmışlardır. Ayrıca klor kaynağı olan tuzun bu proses kontaminantının oluşumu üzerine etkisini incelemişlerdir. Kinetik hesaplamalar pişirme sıcaklığının artışının bu bileşiklerin

oluşum hız sabitlerini de yükselttiğini göstermiştir. Tuzun reçeteden çıkarılmasının MCPD oluşumunu önlediği saptanmıştır. Bu nedenle termal yükün ve tuz miktarının azaltılmasının bu kontaminantların oluşumunu önemli ölçüde engelleyeceği bildirilmiştir.

Strijowski vd. (2011) farklı adsorbantlar kullanarak palm yağından 3-MCPD esterlerinin uzaklaştırılması yönelik bir araştırma yapmışlardır. Sonuçta; kalsine edilmiş (yakarak toz haline getirilmiş) zeolit ve sentetik magnezyum silikatın 3-MCPD içeriğini %40'a kadar azalttığı tespit edilmiştir.

Matthaus vd. (2011) katı ve sıvı yağlarda 3-MCPD esterlerinin azaltılmasında 3-MCPD oluşumuna neden olan unsurların uzaklaştırılması, rafinasyon prosesinin optimizasyonu, oluşan MCPD bileşiklerinin yağdan uzaklaştırılması şeklinde üç farklı yöntem önermişlerdir. Araştırma sonucuna göre; rafinasyondan önce ham palm yağının su veya etanol (%75) ile yıkanmasının, palm yağında 3 - MCPD esterleri vb. bileşiklerin oluşumunu %20 ile %25 oranında azalttığı görülmüştür.

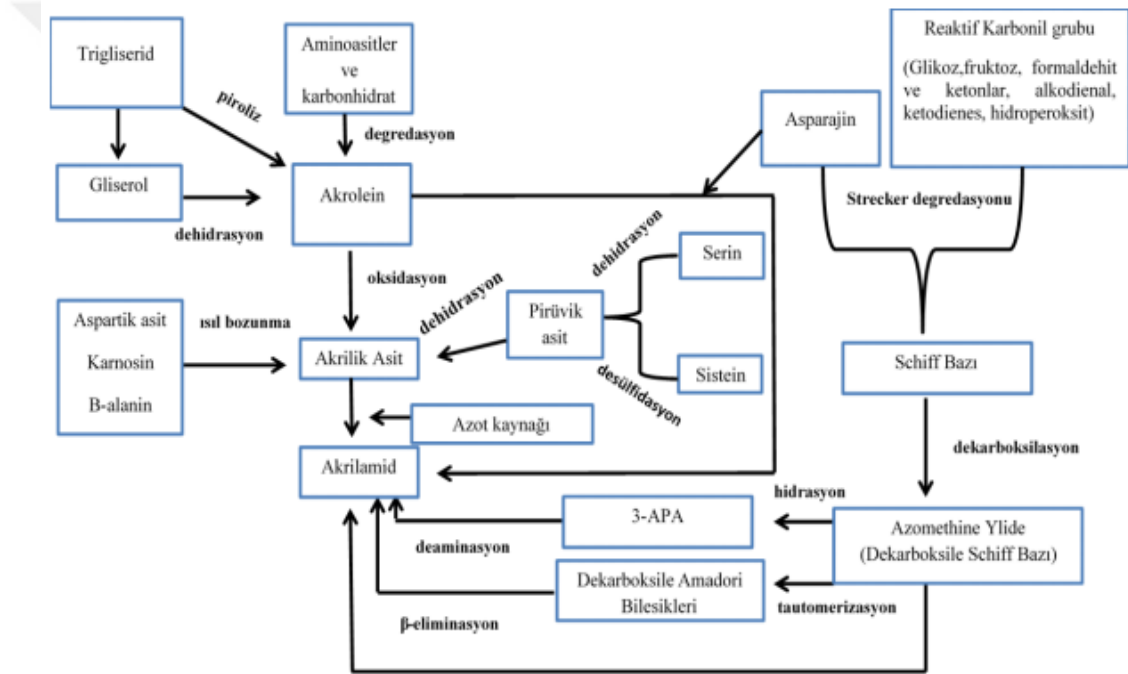
2.5 Akrilamid Oluşum Mekanizması

Protein ve karbonhidratça zengin olan gıdaların yüksek sıcaklıklarda pişirilmesiyle akrilamid oluşumu gerçekleştiğine dair araştırmalar mevcuttur. Ancak karbonhidratça zengin olan patates cipsleri ve bisküviler, et ürünlerine kıyasla akrilamid oluşumu açısından daha sıklıkla incelenmiştir (Kaplan vd., 2009).

Akrilamid, indirgen şekerlerin serbest aminoasitlerle maillard reaksiyonu sonucu oluşmaktadır. Aktif bir amid grubuna sahip olduğundan dolayı asparajin akrilamid oluşumunda öncü aminoasit olarak bilinmektedir. Böylece karbonil grubundaki çift bağ ile reaksiyona girebilmektedir (Şişlioğlu, 2012; Daşkın ve Yıldız, 2014). Maillard reaksiyonunun yanında 3 aminopropionamid (3-APA) bileşiği, dekarboksile Schiff bazı, dekarboksile Amadori ürünü, akrilik asit ve akrolein yolu ile de akrilamidin oluştuğu bildirilmektedir (Alpözen, 2012). Çeşitli gıdalarda akrilamid oluşum mekanizması Şekil 2.5'te gösterilmektedir.

Akrilamid oluşumunun sadece gıdalardaki asparajin ve indirgen şeker içeriğinden etkilenmediği, aynı zamanda pişirme sıcaklığı, pişirme zamanı, nem içeriği ve eklenen katkılardan da etkilendiği bildirilmiştir (Gökmen ve Şenyuva, 2007).

Akrilamidin sağlık üzerine etkisinin araştırılması için yapılan çalışmalar, akrilamidin nörotoksisite, genotoksisite ve kanserojenik etkisinin olduğunu göstermiştir. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (1994) tarafından akrilamid “insanlar için muhtemel kanserojen” olarak sınıflandırılarak Grup 2 A’ya dahil etmiştir (IARC, 1994).



Şekil 2.5. Gıdalarda akrilamid oluşum mekanizması (Kavuşan ve Serdaroğlu, 2019).

2.6 Akrilamid Oluşumunun Gıdalarda Tespitine Yönelik Çalışmalar

Michalak vd. (2016) farklı pişirme yöntemlerinin kroketlerde (%20 et içeren) akrilamid oluşumu üzerine etkisini araştırmışlardır. Pişirme öncesi numunelerde yapılan ölçümlerde ortalama akrilamid içeriği 190 µg/kg bulunmuştur. Pişirme sonrası akrilamid içeriği ise mikrodalgada pişmiş kroketlerde 420 µg/kg, kavrulmuş kroketlerde 360 µg/kg, derin yağda kızartılmış kroketlerde 298 µg/kg ve tavada

kızartılmış kroketlerde 285 µg/kg tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre; ısının gıdaya iletilme şeklinin akrilamid oluşumu üzerinde etkili olduğu ve mikrodalga ısıtmanın gıdalarda yüksek derecede akrilamid oluşumuna neden olduğu görülmüştür.

Demirok ve Kolsarıcı (2014) kızartılmış tavuk baget ve tavuk kanatlarının akrilamid içeriğine yeşil çay ekstraktı ve mikrodalgada ön pişirmenin etkisini araştırmışlardır. Yapılan analizler sonucunda yeşil çay ekstraktının tek başına veya mikrodalgada ön pişirme uygulaması ile birlikte, tavuk baget ve kanatlarında akrilamid oluşumunu azalttığı tespit edilmiştir.

Kaplan vd. (2009) karbonhidrat bakımından zengin patates cipsleri ve bisküviler ile proteince zengin ızgara et ve tavuk numunelerinin akrilamid içeriklerini araştırmışlardır. Izgara et ve tavuk, patates cipsi, kahve ve bisküvi numunelerinde akrilamid konsantrasyonları 20-250 µg/kg aralığında bulunmuştur. Ayrıca ızgara tavuk örneklerinin (23-28 µg/kg) akrilamid içeriğinin ızgara sığır eti örneklerine (49-250 µg/kg) kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır.

Aykın vd. (2016) yağda kızartılmış kaplamalı tavuk etlerinin akrilamid içeriğine sodyum ve amonyum bikarbonatın etkisini araştırmışlardır. Sonuçta; sodyum bikarbonatın amonyum bikarbonata göre akrilamid içeriğinin azaltılmasında daha etkili olduğu görülmüştür.

Soncu-Demirok vd. (2018) Ankara'da çeşitli fast food restoranlardan alınan kaplamalı tavuk eti ürünlerinin akrilamid içeriğini ve etki ettiği yaş grupları üzerine bir araştırma yapmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, akrilamid içeriğini 20.75-174.30 µg/kg değerleri arasında tespit etmişler ve 15-25 yaş grubundaki kişilerin 26-35 yaş grubundakilere göre iki kat daha fazla akrilamid aldıklarını bildirmişlerdir.

Barutçu vd. (2008) kaplanmış tavuk ürünlerinin akrilamid içeriğine kaplama maddelerinin ve mikrodalga ile pişirmenin etkisini araştırmışlardır. Sonuçta; kaplama hamuruna eklenen farklı unlar (soya, nohut ve pirinç unu) karşılaştırıldığında soya unu kullanılan ürünlerde akrilamid içeriği diğerlerine göre daha yüksek bulunmuştur.

Mikrodalga ile pişirilen örneklerin akrilamid içeriğinin ise geleneksel yöntemle pişirilenlere göre daha düşük oranda olduğu tespit edilmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmada kullanılan tavuk dönerleri Erpiliç Entegre Tav. Üretim Paz. ve Tic. Ltd. Şti. (Bolu)'nden temin edilmiştir. Tavuk dönerin hazırlanmasında; derili fileto, derili but bonfile ve tavuk iç yağından belirli miktarlarda alınıp salça, soğan, yoğurt, su, tuz, çeşitli baharatlar ve özel bir sos ile terbiye edilmektedir. Döner şişlerine elle takılıp kalıp haline getirilen döner, gazlı ocak ile yüzeyden pişirildikten sonra tıraşmalama yoluyla otomatik olarak kesilmektedir.



Şekil 3. 1. Pişirilme sırasında tavuk döner.

Çalışmada kullanmak amacıyla dört farklı tavuk dönerden çiğ ve pişmiş olmak üzere 7 defa örnek alınmıştır. Döner kesme robotu tarafından yaklaşık 6 saatte kesimi tamamlanan 190 kg'lık tavuk dönerlerinden pişirme öncesi ve pişirme sırasında birer saat ara ile örnekler alınmıştır. Her seferinde alınan örnek miktarı 100 g'dır. Silindir formundaki dönerlerden pişirme süresince alınan örneklerin kalınlıkları birbirlerine yakın olmuştur ve son örnekler merkeze yakın kısımlardan alınmıştır. Çizelge 3.1'de alınan örneklerin kodlaması gösterilmiştir. Örnekler, içinde buz kalıpları bulunan kutularla laboratuvara taşınmıştır. Her bir örnek ev tipi parçalayıcı ile homojen hale getirildikten sonra analiz edilmek üzere -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

Çizelge 3.1. Alınan Tavuk Döner Örneklerinin Kodları

Döner Kodu	Çiğ Numune	Dönerin Pişirilmesi Sırasında Alınan Numuneler					
		1 saat sonra	2 saat sonra	3 saat sonra	4 saat sonra	5 saat sonra	6 saat sonra
D1	D1-Çiğ	D1-1h	D1-2h	D1-3h	D1-4h	D1-5h	D1-6h
D2	D2-Çiğ	D2-1h	D2-2h	D2-3h	D2-4h	D2-5h	D2-6h
D3	D3-Çiğ	D3-1h	D3-2h	D3-3h	D3-4h	D3-5h	D3-6h
D4	D4-Çiğ	D4-1h	D4-2h	D4-3h	D4-4h	D4-5h	D4-6h

3.2 Metod

3.2.1 Döner Örneklerinin Alımı Sırasında Dönerin Merkez ve Yüzey Sıcaklıklarının Ölçülmesi

Her bir örneğin alımı sırasında; dönerin merkez ve yüzey sıcaklık değerleri dijital termometre ile ölçülmüştür.

3.2.2 Renk Tayini

Pişmiş tavuk dönerlerde renk analizi Minolta CR-400 (Osaka, Japonya) renk tayin cihazı ile yapılmıştır. Cihazın kalibrasyonu yapıldıktan sonra döner örneklerinin rengi L^* , a^* , b^* ve L^* , C^* , h renk skalasına göre belirlenmiştir.

CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu), bir rengi üç koordinat kullanarak ifade etmektedir. Bu üç koordinatlı renk sistemleri CIE XYZ, CIE Lab ve CIE LCh'dır.

LCh sisteminde h , ton (hue); C^* , doygunluk (chroma) ve L^* , açıklık (lightness) göstergesidir. Lab sisteminde ise L^* açıklık(100)-koyuluk(0), a^* kırmızılık(+)/yeşillik(-), b^* ise sarılık(+)/mavilik(-) göstergesidir (Mutlu, 2004).

3.2.3 Nem Miktarının Belirlenmesi

Ev tipi parçalayıcı ile homojen hale getirilen tavuk döner örneklerinin nem içeriği AOAC (2002) 950.46 nolu metoda göre belirlenmiştir. Buna göre; sabit tartıma getirilip darası alınmış kurutma kaplarına 5 g örnek tartılmış ve 102 ± 2 °C'deki etüvde sabit tartıma ulaşana kadar bekletilmiştir. Yapılan son tartım ile ağırlık kaybı belirlenmiş ve yüzde nem miktarı hesaplanmıştır. Her bir örnek için iki tekrarlı çalışılmıştır.

3.2.4 Yağ Miktarının Belirlenmesi

Döner örneklerinde yağ miktarının belirlenmesinde Soxhlet metodu uygulanmıştır. Bu metoda göre; nemi giderilmiş döner örneklerinden kaba bir filtre kağıdı içine 25 ± 0.1 g tartılmıştır. Bu filtre kâğıdı ekstraksiyon kartuşu içine konarak, 250 mL'lik Soxhlet ekstraksiyon kolonuna yerleştirilmiştir. Kolonun alt ucuna sabit tartıma getirilmiş 250 mL'lik rodajlı balonlar bağlanmış ve kolonun üstünden 225 mL petrol eteri aktarılmıştır. Ekstraksiyon kolonunun üst ucuna geri soğutucu bağlanmış ve düzenek çoklu ısıtıcıya yerleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi sırasında soğutma amacıyla soğutmalı sirkülasyonlu su banyosu kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemi 6 saatte tamamlanmış ve sonrasında balon ekstraktör haznesinden çıkarılarak petrol eteri, döner buharlaştırıcıda vakum altında 40 °C'de buharlaştırılmıştır. Buharlaştırma sonrasında kalan çözücü kalıntısını uzaklaştırmak için balon etüve yerleştirilmiş ve 60 °C'de sabit tartıma ulaşınca kadar bekletilmiştir. Böylece balon içerisinde kalan yağ miktarı tespit edilerek numunelerdeki yağ oranı aşağıdaki eşitlik

ile hesaplanmıştır (Alpar ve ark., 1971; Cemeroğlu, 2010). Analizler iki tekrarlı yapılmıştır.

$$\text{Numunedeki yağ (\%)} = [(m_3 - m_2) / m_1] \times 100$$

m_1 : Numune miktarı, (g).

m_2 : Sabit tartıma getirilmiş balonun kütlesi, (g).

m_3 : Balon ile yağın kütlesi, (g).

3.2.5 Soğuk Ekstraksiyon Metodu ile Döner Numunelerinden Lipit Ekstraksiyonu

Çalışmada ısıl işlem sırasında lipit fraksiyonunda meydana gelen değişimlerin saptanması amaçlandığı için, homojen hale getirilen çiğ ve pişmiş et örneklerinin lipit fraksiyonları her bir örnek için iki kez olmak üzere Folch ekstraksiyon metodu modifiye edilerek kloroform: metanol (2:1, v/v) karışımı ile ekstrakte edilmiştir. Yaklaşık 10 g örnek 45 mL solvent karışımı kullanılarak 1 dk süresince homojenize edilmiş ve süzgeç kâğıdından süzülerek ayırma hunisine aktarılmıştır. Toplam 30 mL solvent karışımı ile ikinci bir ekstraksiyon daha gerçekleştirilmiştir. Filtrat üzerine 10 mL %1'lik NaCl çözeltisi eklenerek, çalkalandıktan sonra 20 dk bekletilmiştir. Alttaki organik faz alındıktan sonra azot altında buharlaştırılmıştır. Ardından 50 °C'deki etüvde 30 dk bekletilerek kalan çözücünün uzaklaşması sağlanmıştır. Ekstrakte edilen lipitler cam şişelere alınarak kodlanmış ve sonraki analizlerde kullanılmak üzere -18 °C'de muhafaza edilmiştir (Folch vd., 1957).

3.2.6 Serbest Yağ Asidi Miktarının Belirlenmesi

Tavuk döner yağının serbest yağ asidi miktarı AOCS (2000)'de belirtilen titrimetrik yöntem (Ca 5a-40) modifiye edilerek belirlenmiştir. 0.5 g örnek 100 mL'lik bir erlene tartılmış ve nötr olan 10 mL sıcak etil alkol ile çözüldürülmüştür. 3-4 damla %1'lik fenolftalein belirteci eklenerek çalkaladıktan sonra vakit geçirmeden 0.01 N sodyum hidroksit ile titre edilmiştir. Harcanan 0.01 N NaOH miktarına göre serbest yağ asitleri miktarı %oleik asit cinsinden belirlenmiştir.

$$\% \text{ Oleik asit} = (a \times 0.282 \times N \times 100) / w$$

N : Kullanılan alkalinin normalitesi, N.

a : Titrasyonda harcanan alkali miktarı, mL.

W: Örnek miktarı, g.

3.2.7 Örneklerin Lipit Oksidasyon Düzeyinin Ölçülmesi

Tavuk döner numunelerinden Folch ekstraksiyon metodu ile ekstrakte edilen lipit fraksiyonu oksidasyon ürünlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Örneklerin lipit fraksiyonundaki birincil oksidasyon ürünleri için konguje dien, K_{232} ve peroksit sayısı; ikincil oksidasyon ürünleri için K_{270} değeri ve TBA sayısı analizleri yapılmıştır.

3.2.7.1 Konjuge Dien Miktarı, K_{232} ve K_{270} Değerlerinin Belirlenmesi

Yağların oksidatif değişimlerinin belirlemeye yönelik birçok yöntem vardır. Bunların içinde en önemlisi UV alanındaki özgül absorbansın belirlenmesidir. Yağların otoksidasyon sürecinde ortaya çıkan spektral değişimlerden en önemlileri yaklaşık 232 nm ve 270 nm'de ölçülen absorbans yükselmesi olarak kabul edilmektedir. 232 nm'deki absorpsiyon oksidasyonun birincil ürünlerinden olan hidroperoksitlerin oluşumu sırasındaki çift bağların konjugasyonundan kaynaklanmaktadır. 268-270 nm'deki absorpsiyon yükselmesi ise otoksidasyonun ikincil ürünleri olan aldehitler, alkoller, kısa zincirli yağ asitleri, dikarboniller, ketonlar gibi bileşiklerin oluşumundan kaynaklanmaktadır (Wong vd., 2017; Weber vd., 2008).

Konjuge dien miktarının belirlenmesi için, her bir örnekten 0.01 g tartılmış ve 10 mL çözücü eklenerek çözülmüştür. Spektrofotometrede 232 ve 270 nm dalga boyunda içinde sadece çözücü bulunan kuvarz küvete karşı okuma yapılmıştır (AOCS method Ti 1a-64).

Konjuge dienoik asitlerin % miktarı = $0.84 \times [(A / b \times C) - K_0]$

K_0 : Asit veya ester gruplarının absortivitesi (esterler için 0.07, yağ asitleri için 0.03).

A : 232 nm'deki absorbands.

b : Küvet kalınlığı, cm.

C : Örnek konsantrasyonu, g/L.

K_{232} ve K_{270} değerlerinin belirlenmesinde ise aşağıdaki formüller kullanılmıştır (AOCS Method Ch 5-91).

$$K^{%1} = A / (b \times C)$$

A: Absorbans, 232 nm ve 270 nm.

b : Küvet kalınlığı, cm.

C: Örnek konsantrasyonu, g/100 mL.

3.2.7.2 Peroksit Sayısı (Demir-Tiyosiyanat Metodu)

Demir-tiyosiyanat yöntemi ile peroksit sayısı Uluslararası Süt Federasyonunun FIL-IDF 74A:1991 metoduna göre spektrofotometrik olarak saptanmıştır. Metodun ilkesi, Fe II iyonlarının amonyum tiyosiyanat (NH_4SCN) varlığında ortamdaki hidroperoksitlerle oksidasyonu ile oluşan Fe III iyonlarının spektrofotometrede belirlenmesidir.

Folch ekstraksiyonu ile elde edilen lipid örneklerinden yaklaşık 30 mg alınıp 3 mL kloformda çözündürülmüş ve bir deney tüpüne çözüldüğü 0.25 mL alınarak %70 metanol ve %30 kloroform içeren çözücü karışımı ile 4.9 mL'ye tamamlanmıştır. Daha sonra 50 µL %30'luk amonyum tiyosiyanat çözeltisi ilave edilip karıştırılmıştır. Bu karışıma 50 µL %3.5'lik HCl'de hazırlanmış 20 mM demir III klorür ilave edilmiştir. 20 dk reaksiyonun tamamlanması beklenmiş ve oluşan

renkli çözeltilerin absorptansı 500 nm'de metanol/kloroform çözücü karışımına (v/v, 70:30) karşı okunmuştur.

Hidroperoksit kullanılarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Fe(III) klorür çalışma çözeltileri için; 134.2 mg stok demir III klorit heksahidrat tartılıp, 10 mL saf su içerisinde çözüldürülmüştür. Bu stok çözeltiden 5-50 µL arasında 8 farklı hacimde alınıp 10 mL'ye saf su ile tamamlanmış ve 6.71-67.10 µg/mL arasında standart Fe (III) klorür çözeltileri hazırlanmıştır. Her bir standart çözeltiden 1 mL alınmış ve 3.95 mL kloroform/metanol (v/v, 70:30) karışımı ile seyreltilmiştir. Analiz numunelerindeki işlemler uygulanarak absorptans değerleri ölçülmüş ve bu değerlerden yararlanılarak kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Kalibrasyon eğrisi ile peroksit sayıları ölçülmüş ve milieşdeğer (meş) peroksit/kg yağ şeklinde ifade edilmiştir. Her bir ölçüm iki tekrarlı olarak yapılmıştır.

3.2.7.3 TBA Değeri

İkincil oksidasyon ürünleri modifiye tiyobarbitürik asit reaktif ürünleri (TBARS) yöntemiyle belirlenmiştir. Buna göre; yaklaşık 5 g döner örneğine 25 mL saf su eklenerek 1 dk homojenize edilmiş ve daha sonra 2 dk 2000 rpm hızla santrifüj edilmiştir. Üst faz Whattman No:1 süzgeç kağıdından süzölmüş ve bu filtratlardan deney tüplerine 2 mL alınmıştır. 2 mL örneğe ve standart çözeltilerine 2 mL TBA çözeltisi (TBA çözeltisinin hazırlanmasında 7.5 g trikloroasetik asit, 187.5 mg TBA, 10.56 mL 1 N HCl ve 32.35 mL su karıştırılmıştır) eklenmiştir. Daha sonra tüpler 80 °C'ye ayarlanmış su banyosunda 60 dk bekletilmiş ve sonrasında tüpler buzlu suda hızla soğutularak reaksiyon sonlandırılmıştır. 2000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilen tüplerden üstte kalan kısım alınarak 532 nm'de absorptansları ölçülmüştür (Huber vd., 2009).

Spektrofotometreden okunan absorptans değeri 7.8 faktörü ile çarpılarak, malonaldehit miktarı kg örnekte mg olarak bulunmuştur. Bu değer TBA değeri olarak ifade edilmektedir (Tarladgis vd., 1960).

TBA değeri (mg MA/kg et örneği) = A x 7.8

A: 538 nm dalga boyunda ölçülen absorbans.

3.2.8 Polar Madde Tayini

Folch ekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edilen döner yağ örneklerinde polar madde miktarı AOCS Cd 20-91 (2000) modifiye edilerek belirlenmiştir. Bu yöntemle göre; kolon içinde bulunan silika jel tarafından yağda bulunan polar lipitler absorplanmaktadır. Kolonda tutulmayan trigliserit miktarı ise gravimetrik olarak belirlenmektedir. Apolar kısmı oluşturan trigliserit miktarından faydalanarak yağın polar madde miktarı hesaplanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda yöntemde belirtilen 30 cm'lik kromatografi kolonu yerine daha az çözücü kullanılmasını sağlayan 500 mg adsorbent içeren silika katı faz ekstraksiyon kartuşu (Strata SI-1 Silica, 55µm, 70A, 500 mg/6mL) kullanılmıştır. Analiz edilecek döner yağından 0.3 g tartılmış ve 10 mL petrol eteri/dietil eter (90:10, v/v) içinde çözüldükten sonra katı faz ekstraksiyon kartuşuna aktarılmıştır. Kartuş 20 mL petrol eteri dietil eter karışımı ile yıkanmıştır. Kartuştan geçen apolar fraksiyon (trigliseritler) darası önceden alınmış bir balonda toplanmış ve çözücü azot gazı kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Balon 80 °C'deki etüvde yaklaşık 1 saat bekletildikten sonra tartım yapılmış ve apolar fraksiyon miktarı belirlenmiştir. Kartuş içinde adsorblanan polar bileşikler ise 10 mL dietileter ile yıkanarak uzaklaştırılmıştır. Polar madde miktarı ise aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Toplam polar madde} = (m - m_1) \times 100 / m$$

m : Yağ miktarı, g.

m₁: Apolar fraksiyonun miktarı.

3.2.9 Polimer Trigliserit Tayini

Alınan yağ numunelerinin içerdiği polimer trigliserit miktarı Gertz (2001)'e göre belirlenmiştir. Analiz için 0.3 g yağ numunesi tartılıp, 10 mL petrol eteri:dietil

eter (90:10) solvent karışımı içinde çözülmüştür. Katı faz ekstraksiyon kartuşu içerisinde 6 mL çözücü karışımı geçirilerek aktive edilmiştir. Ardından 1 mL test çözeltisi kartuşa aktarılmış ve kartuş 10 mL çözücü karışımı ile yıkanarak apolar fazın darası belli alttaki şişede toplanması sağlanmıştır. Kartuş içinde bulunan silika jel tarafından tutulan polar trigliseritler 10 mL dietil eter ile yıkanarak ayrı bir balonda toplanmıştır. Dietil eter buharlaştırıldıktan sonra polimer trigliseritler 1.5 mL tetrahidrofuranda çözülerek HPLC vialine aktarılmıştır. Polimer trigliserit analizinde 20 µL örnek HPLC kolonuna enjekte edilmiştir. Analizde 2 adet jel geçirgenlik kromatografisi kolonu (Gel permeation column-GPC) (PL-Gel 100 A_o, 2x300x7.6 mm, 5 µm) kullanılmıştır. Analiz süresince kolon fırını 35 °C'de tutulmuştur. Analitik saflıkta tetrahidrofuranda taşıyıcı faz olarak kullanılmış, akış hızı 0.7 mL/dak olarak ayarlanmıştır. Dedektör olarak ise refraktif indeks dedektör kullanılmıştır. Polimer trigliseritlerin (dimerik ve oligomerik) % oranı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$W = [A_p / (F \times E_p)] \times [(E_v \times G_v) / A_{TG}]$$

A_p: Örnekteki di- ve oligomer trigliseritlerin alanlarının toplamı.

F : Dilüsyon faktörü (F=2).

E_v: Tetrahidrofuranda içerisinde çözülmüş referans standardın (zeytinyağı) kütlesi (g/mL).

E_p: Test çözeltisinin kütlesi (g/mL).

G_v: Referans standard içindeki mono trigliseritlerin yüzdesi.

$$G_v = A_{TG} \times 100 / \Sigma A_{II}$$

A_{TG} : Referans standardın monomerik trigliserit pikine ait alan.

ΣA_{II}: Tüm pik alanlarının toplamı.

Referans standart madde olarak sızma natürel zeytinyağı kullanılmıştır. 0.3 g zeytinyağı 10 mL tetrahidrofuranda içinde çözülerek örnek ile aynı koşullarda HPLC cihazına verilmiştir. Serbest yağ asitlerinin alıkonma süresinin belirlenmesinde heptadekanoik asit, polimer trigliseritlerin alıkonma süresinin tespitinde ise atık kızartma yağı kullanılmıştır.

3.2.10 Yağ Asidi Bileşiminin Belirlenmesi

Tavuk dönerden ekstrakte edilen yağın yağ asidi bileşimi GC 2010 gaz kromatografisi cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Yağ asidi bileşiminin belirlenmesinde DB-23 kapiler kolon (60 m x 0.25 mm iç çapı, 0.20 µm film kalınlığı, Agilent, ABD) kullanılmıştır. Enjeksiyon ve dedektör sıcaklıkları 250 °C'ye ayarlanmıştır. Analiz boyunca fırın 190 °C'de tutulmuştur. Taşıyıcı gaz olarak helyum gazı kullanılmış ve akış hızı 1 mL/dk, split oranı ise 1:60 olarak ayarlanmıştır. Örneklerin yağ asidi bileşimi alan yüzdelerinden yararlanılarak % oranları şeklinde verilmiştir. Yağ asidi metil esterlerinin hazırlanmasında AOCS (2000) Official Method Ce 2-66'daki alternatif metot kullanılmıştır.

3.2.11 Lipit Fraksiyonunda Bulunabilecek Monokloropropandiol (MCPD) Esterlerinin Belirlenmesi

Lipit fraksiyonunda bulunabilecek monokloropropandiol esterlerinin analizi DGF Standard method CIV 18 (2011) ile Mogol vd. (2014)'e göre gerçekleştirilmiştir. Döner örneklerinden Folch yöntemiyle ile ekstrakte edilen yağdan 0.1 g tartılmış ve üzerine 10 µL/mL konsantrasyondaki internal standart (3-MCPD-*d5*) çözeltisinden 100 µL eklenmiştir. Karışıma 100 µL tersiyer-bütil metil eter eklenerek çözülmüştür. Sonra 200 µL sodyum metilat (25 g/L metanolde) eklenmiş ve oda sıcaklığında 4 dakika bekletilmiştir. Daha sonra karışım içerisine asitlendirilmiş tuz çözeltisinden [600 g/L KBr çözeltisi, 35 mL H₂SO₄ (%25'lik) içeren] 600 µL eklenmiştir. Sulu faz önce n-hekzan ile ardından 1 ml 60:40 eter/etil asetat karışımı ile iki defa yıkanmıştır. Birleştirilen ekstrakt içindeki çözücü buharlaştırılmış ve 1 mL 2,2,4-trimetilpentan içinde çözülerek türevlendirilmiştir.

Türevlendirme: 2,2,4-trimetilpentan içerisine N-Heptafluorobutyrylimidazole (HFBI)'den 50 µl eklenmiştir. Şişenin kapağı kapatılıp iyice çalkalanmış ve 70 °C'de 20 dakika bekletilmiştir. Soğuması için beklendikten sonra 1 mL damıtk su eklenip tekrar çalkalanmıştır. Fazların ayrılması için bir süre beklenip sonrasında üzerine 1 mL daha 2,2,4-trimetilpentan eklenmiştir. Üstteki 2,2,4-trimetilpentan fazı ayrı bir şişeye alınarak üzerine susuz sodyum sülfat eklenmiştir. Son olarak şeffaf kısım 2 mL'lik GC vialine aktarılmıştır.

Stok MCPD çözeltisinden farklı konsantrasyonlarda standart çözeltiler hazırlanmış ve kalibrasyon doğrusunun hazırlanması için şişeye aktarılmıştır. Bu çözeltileri GC-MS cihazına enjekte edilebilmek için aynı türevlendirme yöntemi uygulanmıştır.

Miktar analizi: Örneklerin MCPD analizi GC-MS (Gaz kromatografisi (Thermo Scientific Trace 1300)-kütle spektrometresi (Thermo Scientific ISQ QD)) cihazı ile kapiler kolon (DB-5MS; 30.0 m x 0.25 mm iç çapı, 0.25 µm film kalınlığı, Agilent, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizde taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmış ve 1.2 mL/dk akış hızına ayarlanmıştır. Türevlendirilmiş örneklerden 1 µL alınarak cihaza enjekte edilmiştir. Enjektör sıcaklığı 250 °C'de tutulmuştur. Kolon splitless modunda ayarlanmıştır. Sıcaklık programlanmasında ise fırın önce 50 °C'de 1 dk tutulmuş, sonra 2 °C/dk artışla 90 °C'ye çıkarılmış, ardından 30 °C/dk artışla 150 °C'ye yükseltip bu sıcaklıkta 3 dk tutulmuştur (Abu-El-Haj, 2007). Bu sıcaklık programı uygulandığında toplam analiz süresi 26 dakika olmuştur. Kütle spektrometresi için SIM modunda çalışılmıştır. Tarama aralığı 3-MCPD için 149, 169, 253, 275 ve 453 (*m/z*), MCPD-*d5* için 169, 257, 278, 294 ve 456 (*m/z*) kullanılmıştır. Atomik kütle ünitesi ve elektron bombardımanı iyonizasyonu 70 eV'a, transfer hattının sıcaklığı 280 °C'ye ve iyon kaynağı sıcaklığı 230 °C'ye ayarlanmıştır. Alıkonma zamanı MCPD-*d5* için 14.32 dk ve 3-MCPD için 14.51 dk olarak belirlenmiştir. Örneklerin konsantrasyonu kalibrasyon denkleminde göre (ng/vial) olarak hesaplanmıştır. Dedeksiyon limiti (LOD) 5.1 ng/vial ve kantitatif ölçme sınırı (LOQ) 15.4 ng/vial olarak belirlenmiştir. Bir vial 2 mL çözelti içermektedir. Bu durumda LOD 2.6 ng/mL ve LOQ 7.7 ng/mL olarak hesaplanmıştır. Geri kazanım oranları yağ numunelerinde ester 3-MCPD için %99'un üzerinde, yağsız et numunelerinde serbest 3-MCPD için ise %75'in üzerinde bulunmuştur.

3.2.12 Serbest MCPD Miktarının Belirlenmesi

Yağsız ette bulunabilecek serbest 3-MCPD miktarı Mogol vd. (2014)'nin uyguladığı yönteme göre belirlenmiştir. Yağı uzaklaştırılmış döner eti numunesine önce 10 mL 5 M NaCl, daha sonra 100 µL, 10 µL/mL konsantrasyondaki internal standart (3-MCPD-*d5*) çözeltisi ilave edilmiştir. Ardından üzerine 7 g diatome

toprağı eklenip karıştırılmış ve alt ucunda filtre bulunan camdan yapılmış bir kromatografi kolonuna (40 cm uzunluğunda ve 2 cm iç çapında) aktarılmıştır. Kolonun üst kısmına 1 cm kalınlık oluşturacak şekilde susuz sodyum sülfat eklenmiştir. 3-MCPD ve 2-MCPD'leri ekstrakte edebilmek için kolon 100 mL dietil eter ile 15 dakika boyunca yıkanmıştır. Kolondan alınan sıvıya susuz sodyum sülfat eklenmiş ve sonra filtre edilmiştir. Elde edilen filtrat döner buharlaştırıcıya yerleştirilmiş ve 1-5 mL kalana kadar buharlaştırılmıştır. Kalan çözelti 10 mL'lik balon jöjeye aktarılmış ve hacim çizgisine kadar dietil eter ile tamamlanmıştır. Bu çözeltiden 4 mL alınıp bir şişeye aktarılmıştır. Azot gazı ile çözücünün tamamı buharlaştırıldıktan sonra üzerine 1 mL 2,2,4-trimetilpentan eklenmiştir. Türevlendirme işlemi lipit fraksiyonunda bulunan MCPD esterlerinin analizinde olduğu gibi yapılmış ve membran filtreden geçirildikten sonra GC-MS vialine aktarılmıştır. GC-MS cihazında 3.2.11'de belirtildiği şekilde analizi gerçekleştirilmiştir.

3.2.13 Tavuk Dönerde Akrilamid İçeriğinin Belirlenmesi

Akrilamid içeriği Gökmen vd. (2009) ile Mogol ve Gokmen (2016) tarafından yayınlanan yöntemlere göre belirlenmiştir. Bu yöntem doğrultusunda, 1 g örnek içindeki akrilamid toplam 20 mL 10 mM formik asit içerisinde üç kademeli olarak (10, 5, 5 mL) ekstrakte edilmiştir. İlk kademedede, 1 g örnek üzerine 0.5 mL Carrez I, 0.5 mL Carrez II ve 9 mL 10 mM formik asit eklenmiş ve örnekler 250 rpm'de 3 dk karıştırılmıştır. Ardından 10000 rpm'de 5 dk santrifüjlenmiş ve süpernatant başka bir santrifüj tüpüne aktarılmıştır. Pellet üzerine ikinci kademe de 5 mL ve üçüncü kademedede de 5 mL 10 mM formik asit eklenerek, aynı işlemler gerçekleştirilmiş ve süpernatantlar birleştirilmiştir (20 mL). Berrak süpernatant 1 mL metanol, 1 mL saf su ve 1 mL hava geçirilerek şartlandırılmış kartuştan (Oasis MCX kartuş, 1 mL, 30 mg) geçirilerek viallere alınmıştır.

Ekstraktların analizinde TQ dedektör ile birleştirilmiş Waters Acquity H Class UPLC sistem elektosprey iyonizasyonunda pozitif mod seçilerek kullanılmıştır. Kromatografik ayrımlar için Acquity UPLC HSS T3 kolon kullanılmış ve akış hızı 0.3 mL/dk olarak ayarlanmış, mobil faz olarak 10 mM formik asit ve %10 asetonitril

kullanılmıştır. Analiz sırasında Waters ACQUITY FTN otomatik örnekleyici sıcaklığı 10 °C'ye, kolon sıcaklığı ise 40 °C'ye ayarlanmıştır. Elektrosprey kaynağı ayarları ise kapiler voltajı 0.80 kV; kon voltajı 21 V; ekstraktör voltajı 4 V; kaynak sıcaklığı 120 °C; desolvation sıcaklığı 450 °C; desolvation gaz (azot) akış hızı: 900 L/sa, çarpışma gazı (argon) akış hızı 0.25 mL/dk olarak ayarlanmıştır. İşaretçi iyon [M+H]⁺ 72, ürün iyonu 55 (çarpışma enerjisi 9 V) ve 44 (çarpışma enerjisi 12 V) izlenmiştir. Tüm MRM dönüşümleri için durma süresi 0.2 sn'dir. Akrilamid stok çözeltisi 1.0 mg/mL konsantrasyonda saf su ile hazırlanmıştır. Çalışma standart çözeltileri, günlük olarak 1.0, 2.0, 5.0 ve 10.0 ng/mL konsantrasyonlarda stok çözeltinin saf su ile seyreltilmesiyle hazırlanmıştır. Akrilamid kalibrasyon doğrusu (m/z 72) standart çözeltilerle 1.0-10 ng/mL aralığında hazırlanmıştır. Kalibrasyon doğrusunun denklemi $Y=25.5085x-4.2254$ olup, determinasyon katsayısı 0.9921 olarak belirlenmiştir. Örneklerdeki akrilamid konsantrasyonları kalibrasyon doğrusundan yararlanılarak hesaplanmıştır. Dedeksiyon limiti (LOD) 3 ng/g ve belirleme limiti (LOQ) 10 ng/g olarak belirlenmiştir.

3.2.14 İstatistiksel Değerlendirme

Dört farklı döner halkasından belirli aralıklarla numune alınmıştır. Renk tayini beş tekrarlı, oksidasyon testi analizlerinden özgül absorbans, konjuge dien ve TBA değerleri ile serbest yağ asidi miktarı üç tekrarlı, peroksit, nem ve yağ miktarları, polar ve polimer madde miktarları iki tekrarlı olarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, SPSS 18.0 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Varyans analizi tekniği ile (ANOVA) grup ortalamaları arasındaki fark belirlenmiştir ($p<0.05$). Farklı olan grupların tespitinde Duncan testi kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Döner Örneklerinin Alımı Sırasında Dönerin Merkez ve Yüzey Sıcaklıkları

190 kg'lık tavuk dönerlerinin döner robotu ile kesimi sırasında 1'er saat ara ile numuneler alınırken ölçülen yüzey ve merkez sıcaklık değerleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Pişirme süresince hem merkez sıcaklıklarında hem de, yüzey sıcaklıklarındaki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 4 farklı döner bloğunun 5. saatte merkez sıcaklıklarındaki değişim önemli ($p<0.05$) iken, diğer kesim sıcaklıklarındaki değişim önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur. 2. 3. ve 5. saatlerde döner bloklarının yüzey sıcaklıklarındaki değişimler de önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Pişirme süresi ilerledikçe merkez ve yüzey sıcaklıklarında artış olmuştur. Çiğ üründe yüzey sıcaklığı 10.8 °C iken ilk kesimde 64.5 °C'ye sonraki 6. saatte ise 80.3 °C'ye yükselmiştir. Merkez sıcaklığı da artış göstermiş ve 4.2 °C'den 6. saat sonunda 10.6 °C'ye ulaşmıştır.

Görüldüğü gibi dönerlerin kesimi sırasında merkez sıcaklıkları maksimum 10.6 °C'ye, yüzey sıcaklıkları ise maksimum 80.3 °C'ye çıkmaktadır. Bu durumda, tavuk döner örneklerinin iç kısımlarının pişirme süresince fazla ısıya maruz kalmadığı, yüzeyin kesimi öncesinde ise pişmesi için gerekli sıcaklığa ulaştığı düşünülmektedir.

Dönerin pişirilmesi sırasında merkez sıcaklığının 25-45 °C'lerde olmasının bakterilerin gelişimini teşvik ettiği bildirilmektedir. Bu durumun ise gıda kaynaklı zehirlenmeler için risk teşkil ettiği belirtilmektedir (Kayisoglu vd., 2003; Kılıç, 2009). Bizim çalışmamızda merkez sıcaklığı 10.6 °C'yi aşmamıştır. Ancak bu sıcaklıklarda da psikrofilik bakteriler gelişimlerini sürdürebilmektedirler (Kayisoglu vd., 2003; Gonulalan vd., 2004). Yüzey sıcaklığının düşük olması lipid oksidasyon ürünlerinin düşük düzeyde oluşmasına neden olmasına karşın, mikroorganizmaların inaktivasyonu için yeterli olmamaktadır.

Çizelge 4. 1. Dönerlerin Merkez ve Yüzey Sıcaklıkları (°C)

Döner Numunesi	D1		D2		D3		D4		ORT	
	Merkez Sıc.	Yüzey Sıc.	Merkez Sıc.	Yüzey Sıc.	Merkez Sıc.	Yüzey Sıc.	Merkez Sıc.	Yüzey Sıc.	Merkez Sıc.	Yüzey Sıc.
Çiğ	4.3±0.1dA	10.9±0.1fA	4.4±0.0eA	10.7±0.1eA	4.1±0.1eA	11.1±0.2gA	4.1±0.2dA	10.6±0.3eA	4.2±0.2	10.8±0.2
1. saat	5.3±0.4cAB	66.1±1.3eA	4.8±0.3eB	65.4±1.3dA	5.7±0.2dA	67.0±0.3fA	5.3±0.1cAB	66.3±0.5dA	5.3±0.3	66.2±0.7
2. saat	7.5±0.1bA	68.9±0.2dA	7.0±0.2dB	63.7±2.1dB	7.4±0.2cAB	69.8±0.5eA	7.7±0.1bA	68.8±0.8cA	7.4±0.3	67.8±2.8
3. saat	7.4±0.1bB	74.7±0.6cA	7.4±0.3cB	70.6±0.6cC	7.7±0.2bcAB	72.9±0.6dB	8.0±0.1bA	69.8±0.8cC	7.6±0.3	72.0±2.2
4. saat	7.8±0.1bA	76.1±0.5bcA	7.9±0.1bA	73.1±0.8bB	8.0±0.1bA	76.1±1.1cA	7.9±0.1bA	75.6±1.1bA	7.9±0.1	75.2±1.4
5. saat	10.2±0.1aB	77.8±0.4abB	10.2±0.0aB	78.0±0.8aB	10.4±0.1aB	78.8±0.3bAB	10.9±0.2aA	80.4±0.9aA	10.4±0.3	78.7±1.2
6. saat	10.4±0.0aB	79.2±1.3aA	10.5±0.1aAB	80.0±0.1aA	10.8±0.1aA	81.0±0.4aA	10.7±0.1aAB	81.0±0.3aA	10.6±0.2	80.3±0.9

^{a-g} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

^{A-C} Aynı kesim süresinde döner blokları arasında farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

Pişmiş döner koliform bakterilerini, psikrofilik ve anaerobik bakterileri, *Staphylococcus/Micrococcus* ile *Salmonella* türlerini, *Clostridium perfringens* gibi bakterileri, küf ve mayaları içerebilmektedir (Kayisoglu vd., 2003; Gonulalan vd., 2004).

4.2 Renk Değerleri

Tavuk döner örneklerinin L^* , a^* ve b^* renk değerleri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Pişirme süresince alınan döner numunelerin L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Çiğ döner numunelerinin L^* değerlerindeki değişim önemli ($p<0.05$) iken, pişmiş örneklerde döner blokları arasındaki değişim önemsiz olmuştur ($p>0.05$). Döner bloklarının tümünde a^* değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Döner bloklarının b^* değerleri arasındaki fark ise 3., 4., ve 5. saatlerde yapılan kesim örneklerinde önemli ($p<0.05$) iken, diğerlerinde önemsiz olduğu saptanmıştır ($p>0.05$). Tavuk dönerlerin dış yüzeyinin L^* değerinin pişmiş örneklerde ortalama 75.21, a^* değerinin 4.19 ve b^* değerinin 23.04 olduğu belirlenmiştir. Çiğ örneklerde ise, L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 48.23, 11.36 ve 23.68 olarak bulunmuştur. Pişirme ile L^* değerinin arttığı, a^* değerinin düştüğü ve b^* değerinin ise D2 ve D4 kodlu dönerlerde düştüğü, D1 ve D3 kodlu dönerlerde yükseldiği görülmüştür. L^* değerindeki artış, pişirme ile etin renginin açıldığını göstermektedir. a^* değerindeki düşüşün, pişirme ile ete kırmızı rengi veren miyoglobinin oksijen varlığında ısı ile parçalanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Etin pişirilmesi sırasında miyoglobinin oksijen varlığında oksimiyoglobine, oksijen miktarı kısıtlı olduğunda oluşan metmiyoglobine hemokromojene dönüşmektedir. Et 60-70 °C’lerde pişirildiğinde parlak pembe-kırmızı renklindedir. Daha yüksek sıcaklıklarda pişirildiğinde ise kahverengine sahip olmaktadır (Taşçı 2017; Ertaş, 1983). Çeşitli çalışmalarda miyoglobinin ısı ile renk değiştirdiği bildirilmiştir (Hunt vd., 2008; Suman ve Joseph, 2013).

Çizelge 4. 2. Döner Numunelerinin L^* , a^* , b^* Değerleri

Döner Numunesi	D1			D2			D3			D4			ORT			ΔE
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	
Çiğ	48.43bAB	10.82aA	21.32aA	48.88bA	12.59aA	27.75aA	45.13bB	10.09aA	21.45abA	50.49cA	11.94aA	24.17abA	48.23±2.25	11.36±1.12	23.68±3.02	-
1. saat	71.86aA	6.40bA	23.37aA	76.07aA	3.90bA	23.63abA	73.27aA	6.70bA	23.46abA	71.81bA	4.40bA	20.70bA	73.26±2.00	5.35±1.41	22.79±1.40	26.02
2. saat	74.46aA	4.40bA	24.66aA	76.43aA	3.47bA	21.83bA	75.39aA	3.24bA	21.81abA	75.50aA	3.11bA	21.35bA	75.44±0.81	3.56±0.58	22.41±1.51	28.58
3. saat	75.90aA	3.06bA	20.39aB	76.87aA	4.16bA	24.08abA	74.06aA	4.89bA	22.17abAB	77.03aA	3.89bA	22.78abA	75.96±1.36	4.00±0.75	22.36±1.53	28.80
4. saat	74.64aA	2.86bB	19.34aB	76.90aA	3.10bB	23.43abA	74.10aA	3.49bAB	19.60bB	74.69abA	4.25bA	23.79abA	75.08±1.24	3.43±0.61	21.54±2.40	28.13
5. saat	74.89aA	3.66bA	21.55aB	76.35aA	4.72bA	26.51aA	76.17aA	3.95bA	21.84abB	74.89aA	4.77bA	25.68aAB	75.58±0.79	4.28±0.56	23.90±2.57	28.28
6. saat	75.23aA	4.51bA	25.20aA	76.71aA	4.72bA	23.90abA	76.10aA	4.50bA	25.57aA	75.71aA	4.47bA	26.23aA	75.94±0.63	4.55±0.11	25.22±0.98	28.77

^{a-b} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

^{A-B} Aynı kesim süresinde döner blokları arasında farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

ΔE , toplam renk farkı

Döner etinin marinasyonunda kullanılan yoğurt, soğan, salça ve soslarda bulunan karbonhidrat ile proteinlerin ısı işlem sırasında Maillard reaksiyonuna girmesi renk değerlerinde değişime neden olmuştur (Barbut, 2013; Ergezer vd., 2016). Diğer taraftan farklı döner halkalarında ve farklı kesim sürelerinde renk değerlerinin değişkenlik göstermesinde pişirme işleminin homojen olmaması, döner yüzeylerinin pürüzlü olması ve yüzeydeki marinasyon sosunun kalınlığının farklı olması gibi faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.2’de döner örnekleri için ortalama ΔE değerleri de verilmiştir. Buna göre ΔE değerleri 26.02-28.80 arasında bulunmuştur. ΔE değerlerinin yüksek olması çiğ örnekler ile pişmiş örnekler arasındaki renk farkının büyük olduğunu göstermektedir. ΔE değeri pişirmenin 1. saatinde en düşük değerde iken, 6. saatinde 28.77 olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi ΔE değeri pişirmeyle düzenli bir değişim göstermemiş ve birbirine yakın değerler saptanmıştır.

Döner numunelerinin C^* ve h değerleri yani renk tonu (hue) ve parlaklık (chroma) değerleri Çizelge 4.3’te gösterilmiştir. Farklı pişirme sürelerinde alınan döner numunelerinde D1 ve D3 kodlu dönerlerde C^* değerleri arasındaki fark önemsiz ($p>0.05$) iken, h değerleri arasındaki fark tüm döner numunelerinde önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Diğer taraftan dönerler arasında h değerleri arasındaki farkın önemsiz ($p>0.05$), farklı pişirme sürelerinde 3. 4. ve 5. saatlerde alınan numunelerin h değerleri arasındaki farkın ise önemli ($p<0.05$) olduğu saptanmıştır.

Çizelgeye göre C^* değerleri çiğ örneklerde ortalama 26.32 iken, pişmiş örneklerde ortalama 21.83-25.65 değerleri arasında bulunmuştur. h değerleri ise, çiğ örneklerde ortalama 64.60 iken, pişmiş örneklerde 77.07-81.17 arasındadır. Pişmiş örneklerin C^* değeri ortalama 23.45, h değeri ise 79.80 bulunmuştur.

Pişirme ile h değerlerinde artış, D2 ve D4 kodlu dönerlerde ise kesimin ilk saatlerinde C^* değerinde düşme olmuştur. Benzer şekilde C^* ve h değerlerindeki değişimde tavuk dönerin içerdiği etin bileşimi, pişirme sıcaklığı, pişirme süresi gibi faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir.

Ergönül vd. (2012) sürekli sistem ile üretilen hindi ve et dönerin L^* , a^* ve b^* renk değerlerini sırasıyla 52.8, 6.6 ve 26.2 ile 53.4, 3.0 ve 20.3 olarak belirlemişlerdir. Geleneksel yöntem ile üretilen hindi ve et dönerlerin L^* , a^* ve b^* değerlerini ise 47.9, 7.7 ve 24.9 ile 45.1, 4.5 ve 19.3 olarak tespit etmişlerdir. Bingöl vd. (2013) vakum altında paketlenmiş pişmiş et dönerlerin L^* , a^* ve b^* değerlerini sırasıyla 35.41, 8.02 ve 14.28 olarak belirlemişlerdir.

Soncu Demirok (2014) tarafından yapılan bir araştırmada, sos ile kaplanmış ve pişirilmiş butların L^* , a^* , b^* renk değerleri sırasıyla 48.18–56.55, 7.57–12.59, 30.92–34.36, soslu pişmiş tavuk kanatların L^* , a^* ve b^* renk değerleri ise sırasıyla 50.70–56.73, 8.63–10.84, 34.89–39.84 olarak belirlenmiştir.

Al-Hijazeen vd. (2016) ise çiğ tavuk göğüs etinin L^* , a^* ve b^* değerlerini sırasıyla 64.52, 8.53, 20.09 olarak tespit etmiştir. L^* değerinin +4 °C’de depolanma süresince azaldığı bildirilmiştir. Bu çalışmada pişmiş tavuk etleri için verilen L^* değerleri bizim çalışmadaki değerlerden daha düşük, a^* değerleri ise daha yüksek bulunmuştur.

Sayago-Ayerdi vd. (2009) tavuk hamburger örneklerinin L^* , a^* , b^* değerlerini sırasıyla çiğ örnekler için 58.1, 1.7, 16.2 ve pişmiş örnekler için 77.4, 0.2, 19.6 olarak tespit etmişlerdir. Özünlü vd. (2018) ise bir araştırmada çiğ tavuk etinin L^* , a^* ve b^* değerlerini sırasıyla 56.78, 5.58, 11.21 şeklinde bulmuş ve L^* değerinde 2 °C’de depolama sırasında azalma olduğunu bildirmiştir.

Sayago-Ayerdi vd. (2009), Altun (2008) ve Özünlü vd. (2018) tarafından çiğ tavuk etlerinde tespit edilen L^* , değerlerinin bizimkinden daha yüksek, b^* değerlerinin ise daha düşük olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.3. Döner Numunelerinin C^* ve h Değerleri

Döner Numunesi	D1		D2		D3		D4		ORT	
	C^*	h	C^*	h	C^*	h	C^*	h	C^*	h
Çiğ	23.96±9.54aA	63.58±4.79cA	30.54±6.46aA	66.30±4.48cA	23.74±7.57abA	65.01±3.34cA	27.05±2.44aA	63.51±5.16bA	26.32±3.19	64.60±1.33
1. saat	24.33±5.06aA	75.15±5.40bA	23.97±4.61bA	80.58±2.34abA	24.55±ab4.20A	74.77±6.90bA	21.26±1.68cA	77.76±6.37aA	23.53±1.53	77.07±2.69
2. saat	25.07±4.12aA	80.15±2.85aA	22.11±2.98bA	81.03±1.22abA	22.08±2.37abA	81.75±2.96aA	21.58±2.46cA	81.72±1.52aA	22.71±1.59	81.17±0.75
3. saat	20.65±2.32aB	81.63±2.94aA	24.44±0.63bA	80.20±1.33abA	22.76±2.64abAB	77.97±4.78abA	23.13±1.00bcAB	80.28±2.56aA	22.75±1.57	80.02±1.52
4. saat	19.58±2.37aB	81.38±3.65aA	23.63±1.77bA	82.52±1.34aA	19.93±1.96bB	79.75±2.98abA	24.17±2.07abcA	79.85±0.38aA	21.83±2.41	80.87±1.32
5. saat	21.86±1.74aB	80.34±2.09aA	26.90±3.52abA	80.04±2.10abA	22.20±1.77abB	79.73±0.95abA	26.14±4.49abAB	79.30±2.72aA	24.28±2.62	79.85±0.45
6. saat	25.62±1.83aA	80.18±2.70aA	24.36±0.65bA	78.83±1.18bA	25.98±3.46aA	80.12±2.14abA	26.62±2.94abA	80.36±2.20aA	25.65±0.95	79.87±0.70

^{a-c} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

^{A-B} Aynı kesim süresinde döner blokları arasında farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

Bu çalışmada çığ örnekte edilen sonuçlar ile literatürde tavuk etleri için belirlenen renk değerlerindeki farklılıkların; tavuğun yaşı, cinsiyeti, genotipi, beslendiği yemler, kas içi yağ, etin nem oranı, kesim öncesi ve kesim sırasındaki koşullar gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Sarıca ve Yamak, 2010; Şekeroğlu ve Diktaş, 2012). Ayrıca fazla hareketli kaslarda miyogloblin pigmentinin yüksek miktarda olmakta ve bu bölgeler koyu renkte olmaktadır. Hareketsiz veya az çalışan kaslar ise açık renkli olmaktadır. Bu nedenle aynı hayvanın değişik vücut kısımları farklı renklerde olabilmektedir (Suman and Joseph, 2013; Ertaş,1983).

4.3 Nem Miktarı

Çizelge 4.4'te döner örneklerinin % nem miktarları gösterilmiştir. Pişirme süresince döner örneklerinin nem miktarındaki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 4 farklı döner bloğunun nem miktarındaki değişim de önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Görüldüğü gibi çığ örnekte ortalama %78.7 olan nem değeri 1. saatte %62.9 değerine düşmüştür. 5. saatte en düşük %56.1 değerine inmiştir. 6 saat sonrasında alınan numunede ise nem miktarı (%58.7) artmıştır. Pişirme işlemi sırasında üründeki nem uzaklaşmakta ve bu nedenle nem miktarında azalma olmaktadır (Kayışoğlu, 1996; Şişlioğlu, 2012).

Çizelge 4.4. Döner Numunelerinin % Nem Miktarı

Döner Numunesi	D1	D2	D3	D4	ORT
Çığ	78.9±0.2aA	78.8±0.7aA	79.9±0.1aA	77.3±0.2aB	78.7±1.1
1. saat	58.9±0.5dB	63.8±0.9bA	63.8±0.3bA	65.0±0.2bA	62.9±2.7
2. saat	59.2±0.2dD	60.9±0.2cC	63.7±0.0bA	60.0±0.2cdB	61.0±2.0
3. saat	61.3±0.5bcA	58.0±0.3dB	61.8±0.1cA	60.8±0.7cA	60.5±1.7
4. saat	60.5±0.6cA	55.9±0.6eC	59.3±0.2dB	56.4±0.4eC	58.0±2.2
5. saat	58.2±0.1dA	52.5±1.0fC	58.3±0.3eA	55.2±0.4fB	56.1±2.8
6. saat	61.7±0.6bA	56.6±0.8deC	56.7±0.7fC	59.6±0.2dB	58.7±2.5

^{a-f} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

^{A-D} Aynı kesim süresinde döner blokları arasında farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

Farklı döner örneklerindeki nem miktarları incelendiğinde çığ örneklerde D4 kodlu dönerin daha düşük nem içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Pişmiş örneklerde ise; 2 saate kadar alınan örneklerde D1 kodlu döner, 2 ve 5 saat arasında alınan örneklerde ise D2 kodlu dönerin en düşük nem oranına sahip olduğu görülmektedir. Dönerlerin pişirilmesi sırasında alınan pişmiş örneklerin ortalama

nem miktarı ise %58.0 ile %60.6 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama nem içeriği ise D3 kodlu döner örneklerinde saptanmıştır.

Şişlioğlu (2012) çiğ ve pişmiş tavuk dönerlerde ortalama nem miktarını %62.95 ve %50.23 olarak tespit etmiştir. Ergönül ve Kundakçı (2006a) çiğ et dönerin nem miktarını %62.39, pişmiş dönerin nem miktarını ise %39.48 olarak belirlemiştir. Kayısoğlu (1996) ise, çiğ ve pişmiş tavuk dönerlerin % nem içeriğini ortalama %70.73 ve %53.97 olarak bulmuştur. Demirok vd. (2011) et dönerin nem miktarını çiğ iken %69.60-71.16 olarak bulmuşlardır. Kayisoglu vd. (2003) Tekirdağ piyasasında satılan çiğ tavuk etlerinin nem içeriğini %61.28 ve pişmiş tavuk etlerinin nem miktarını ise ortalama %51.67 olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise balık dönerin nem miktarı pişirme ile %72.3'ten %56.08'e düşmüştür (Şimşek ve Kılıç, 2013). Bingöl vd. (2013) ise pişmiş et dönerlerin nem miktarını %66.50 olarak belirlemiştir.

Literatürdeki nem değerleri bizim bulduğumuz değerlerden düşük olmuştur. Bu farklılığın tavuğun beslenmesi, yaşı, yağ içeriği, kesimi, işlenmesi ve pişirilmesi gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca pişirme sıcaklığı, süresi, tekniği gibi faktörler de nem içeriğine etki etmektedir.

4.4 Yağ Miktarı

Döner numunelerinin yağ miktarları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Pişirme süresince döner örneklerinin yağ miktarındaki değişim önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 4 farklı döner bloğundan alınan numunelerin yağ miktarlarındaki değişim de önemli ($p<0.05$) olmuştur. Çiğ örneklerin %yağ miktarı pişmiş örneklere göre daha düşük bulunmuştur. Çiğ örneklerin nem oranının yüksek olması göreceli olarak %yağ miktarını düşürmektedir. Numunelerin yağ miktarı %10.9-33.1 arasında olup, dönerin iç kısımlarına doğru artış göstermektedir. Bu artışın döner etlerinin takılması sırasında iç kısımlara ilave edilen tavuk iç yağına bağlı olduğu düşünülmektedir. Dönerler arasındaki farklılığın ise hammaddeye ve pişirilme sırasında damlayarak uzaklaşan yağ miktarına bağlı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Çizelge 4.4'te

görüldüğü gibi pişirme süresinin ilerlemesiyle birlikte nem miktarındaki azalmanın, oransal olarak dönerlerin yağ miktarının artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Türk Gıda Kodeksi et ve et ürünleri tebliğine göre kanatlı eti dönerinin yağ miktarı maksimum %20 olarak belirlenmiştir (TGK, 2012). Çalışmamızda pişmiş döner örneklerinin ortalama yağ miktarları birbirine yakın olup %19.7 ile %22.8 arasında değişim göstermiştir. En yüksek ortalama yağ oranı D1 kodlu pişmiş döner numunelerinde saptanmıştır. Çiğ döner numunelerinde de D1 kodlu olan en yüksek yağ içeriğine sahiptir.

Ergönül ve Kundakçı (2006a) çiğ et dönerinin yağ miktarını %13.91, pişmiş dönerin ise yağ miktarını %16.58 olarak bildirmişlerdir. Ergönül ve Kundakçı (2006b) bir başka çalışmada ise çiğ tavuk dönerinin yağ miktarının %14.23 olduğunu bildirmiştir. Şişlioğlu (2012) çiğ ve pişmiş tavuk dönerlerin yağ miktarını %15.82 ve %14.86 olarak tespit etmiştir.

Çizelge 4.5. Döner Numunelerinin % Yağ Miktarı

Döner Numunesi	D1	D2	D3	D4	ORT
Çiğ	13.4±0.7dB	16.8±0.4deA	5.0±0.7fD	8.5±0.7fC	10.9±5.2
1. saat	16.2±0.7cA	16.3±0.3eA	13.6±0.4eB	13.2±0.1eB	14.8±1.6
2. saat	16.7±0.6cA	18.0±0.6cA	12.8±0.4eC	15.2±0.3dB	15.7±2.2
3. saat	15.9±0.5cC	15.7±0.6eC	17.3±0.3dB	20.9±0.2cA	17.5±2.4
4. saat	24.4±0.6bA	17.8±0.4cdC	21.2±1.0cB	24.9±0.3bA	22.1±3.3
5. saat	24.3±0.5bB	28.5±0.2bA	24.8±0.2bB	29.0±0.6aA	26.6±2.5
6. saat	39.6±0.9aA	34.3±0.6aB	28.5±0.8aC	30.1±0.9aC	33.1±5.0

^{a-f} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

^{A-C} Aynı kesim süresinde döner blokları arasında farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

Kayısoğlu (1996) çiğ ve pişmiş tavuk dönerlerin ortalama yağ oranlarını sırasıyla %1.40 ve %11.74 tespit etmiştir. Kayisoglu vd. (2003) diğer bir çalışmada piyasadan topladığı çiğ sığır ve tavuk etlerinin yağ miktarlarını ortalama %16.46 ve %16.23 olarak, pişmiş sığır ve tavuk etlerinin yağ miktarlarını ise %15.24 ve %14.03 olarak bulmuşlardır. Gonulalan vd. (2004), çiğ sucuk ve et dönerin yağ miktarını %12.60 ve %12.90 olarak, pişmiş olan dönerlerinkini ise %14.47 ve %15.33 olarak tespit etmişlerdir. Ergönül vd. (2012) sürekli sistem ile üretilen hindi ve et dönerin yağ içeriğini %17.8 ve %18.2 olarak belirlemişlerdir. Sürekli sistemle üretilen hindi dönerlerin yağ miktarının daha düşük, nem miktarının ise daha yüksek olduğu

bildirilmiştir. Demirok vd., (2011) et dönerin yağ miktarını çığ iken %6.55-7.83 olarak bulmuşlardır. Balık dönerin nem değeri pişirme ile %72.3 değerinden %56.08 değerine düşerken, yağ miktarı %7.66'dan %17.38 değerine yükselmiştir (Şimşek ve Kılıç, 2013). Bu çalışmalarda çığ dönerin yağ içeriğinin bizim sonuçlarımızdan yüksek olduğu, pişmiş dönerlerin yağ içeriğinin daha düşük olduğu görülmüştür.

4.5 Serbest Yağ Asidi Miktarı

Döner örneklerinden ekstrakte edilen yağların serbest yağ asidi miktarları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Pişirme süresince döner örneklerinin serbest yağ asidi miktarındaki değişim önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 4 farklı döner bloğundan alınan numunelerin serbest yağ asidi miktarındaki değişim de önemli ($p<0.05$) olmuştur. Farklı sürelerde alınan döner numunelerinin ortalama serbest yağ asidi miktarları % oleik asit cinsinden %1.33-2.06 değerleri arasında bulunmuştur. D3 ve D4 kodlu dönerlerin serbest yağ asidi miktarları, özellikle pişmiş örneklerde D1 ve D2 kodlu dönerlere kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Serbest yağ asidi miktarının dönerlerde belirlendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak Wong vd. (2017) tavuk göğüs etinin derin yağda kızartılması sırasında serbest yağ asidi miktarının %0.07'den 5 günün sonunda %0.29 değerine yükseldiğini bildirmiştir. İbik (2007) ise, tavuk etlerinden hazırlanan kavurma örneklerinin serbest yağ asidi miktarını %0.38-1.21 arasında bulmuştur.

Çizelge 4.6. Döner Numunelerinden Ekstrakte Edilen Yağların Serbest Yağ Asidi Miktarları (% Oleik Asit)

Döner Numuneleri	D1	D2	D3	D4	ORT
Çığ	1.81±0.07bAB	1.67±0.10aB	1.86±0.09dA	1.80±0.07cAB	1.79±0.08
1. saat	1.93±0.07aB	1.68±0.15aC	2.17±0.07cA	2.07±0.07bAB	1.96±0.21
2. saat	2.00±0.07aB	1.70±0.15aC	2.29±0.09bcA	2.17±0.07bAB	2.04±0.25
3. saat	1.76±0.06bB	1.45±0.12bC	2.59±0.13aA	2.43±0.06aA	2.06±0.54
4. saat	1.01±0.05cC	1.07±0.04cC	2.70±0.13aA	2.14±0.10bB	1.73±0.83
5. saat	1.03±0.06cC	1.00±0.08cC	2.38±0.06bA	1.66±0.07dB	1.52±0.65
6. saat	0.85±0.05dD	1.07±0.11cC	1.87±0.12dA	1.52±0.06eB	1.33±0.46

^{a-c} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

^{A-D} Aynı kesim süresinde döner blokları arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

4.6 Döner Numunelerinin Lipit Oksidasyon Düzeyleri

4.6.1 Peroksit Değeri

Çizelge 4.7’de tavuk dönerlerden ekstrakte edilen yağların peroksit değerleri verilmiştir. Pişirme süresince döner örneklerinden ekstrakte edilen yağların peroksit değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 4 farklı döner bloğundan alınan numunelerden ekstrakte edilen yağın peroksit değerlerindeki değişim de önemli ($p<0.05$) olmuştur. Örneklerin peroksit değerleri çiğ örneklerde 2.6-3.7 meş O_2/kg ; pişmiş örneklerde ise 1.0-3.9 meş O_2/kg değerleri arasında bulunmuştur. Bu değer; çiğ örneklerde ortalama 3.2 iken, pişmiş örneklerde maksimum 3.0 meş O_2/kg yağ olarak tespit edilmiştir. Dört döner bloğunda D1 ve D2 kodlu olanların ortalama peroksit değeri (2.9 ve 2.9 meş O_2/kg), D3 ve D4 kodlu olanlardan (2.1 ve 2.2 meş O_2/kg) daha yüksek olmuştur. Görüldüğü gibi peroksit değeri, aynı dönerin farklı kesim sürelerinde alınan örneklerde düzenli bir değişim göstermemiştir. Hidroperoksitlerin kararsız yapıda olması ve ısı ile işlemle diğer oksidasyon ürünlerine dönüşmesi nedeniyle peroksit sayısında düşüş olmuştur (Mariutti and Bragagnolo, 2017).

Şişlioğlu (2012) farklı formülasyonda hazırlanan 3 tavuk döner örneğinin peroksit değerlerini çiğ örneklerde en fazla 26.77 meş peroksit/kg yağ, pişmiş örneklerde ise 27.13 meş peroksit/kg yağ olarak belirlemiştir. Bu değerlerin, tespit ettiğimiz değerlerden oldukça yüksek olduğu görülmektedir. İbik (2007) tavuk eti ve baharatlarla hazırlanan kavurma örneklerinin peroksit değerlerini 1.50-5.77 meş O_2/kg olarak bulmuştur.

Çizelge 4.7. Döner Numunelerinden Ekstrakte Edilen Yağların Peroksit Değerleri (meş O_2/kg yağ)

Döner Numunesi	D1	D2	D3	D4	ORT
Çiğ	3.4±0.0abAB	2.6±0.0dC	3.2±0.1bB	3.7±0.2aA	3.2±0.5
1. saat	3.7±0.2aA	3.5±0.1aA	2.3±0.1dB	2.5±0.1bB	3.0±0.7
2. saat	1.7±0.3dB	2.7±0.0cdA	2.6±0.1cA	2.7±0.1bA	2.4±0.5
3. saat	2.5±0.3cB	2.2±0.1eB	3.5±0.1aA	3.9±0.2aA	3.0±0.8
4. saat	2.9±0.3bcA	3.4±0.4abA	1.2±0.0fB	1.2±0.1dB	2.2±1.2
5. saat	3.9±0.3aA	2.3±0.1deB	1.8±0.1eC	1.6±0.2cC	2.4±1.1
6. saat	2.6±0.1cB	3.1±0.1bcA	1.0±0.1fC	1.1±0.1dC	2.0±1.2

^{a-f} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

^{A-C} Aynı kesim süresinde döner blokları arasında farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

Çağdaş (2011), kaplama harcı ile kaplanarak pişirilen tavuk göğüs etinin başlangıç peroksit değerinin 4.61 meş 0₂/kg olduğunu -18 °C’de depolama sırasında 42. gününe kadar arttığını ve sonrasında ise azaldığını bildirmiştir. Bu durumun hidroperoksitlerin parçalanma hızının oluşum hızından daha fazla olmasından kaynaklanabileceğini ileri sürmüştür. Kayaardı vd. (2005) ise hindi etinden üretilen dönerlerin 4 °C’de depolanması sırasında 12 gün sonunda peroksit değerinin başlangıçtaki dört katına çıktığını rapor etmiştir.

4.6.2 Konjuge Dien Miktarı

Konjuge dienler otooksidasyonun belirleyicisidir ve oksidasyonun ilk aşamalarında doymamış yağ asitlerinden hidrojen atomunun kopmasıyla oluşan serbest radikallerin oksijenle reaksiyonuyla peroksitlerin meydana gelmesi sonucunda miktarları artmaktadır (Min and Ahn, 2005). Yağların doymamış yağ asitlerinde, oksidasyonun başlangıç evrelerinde oksidasyon derecesine bağlı olarak bir tek bir çift bağ şeklinde birbirini izleyen yapılar oluşmaktadır. Böyle yağ asitlerine konjuge yağ asitleri denmekte ve oksidasyon ilerledikçe konjuge dien yapıların oranı artmaktadır (Ergönül vd., 2012; Weber vd., 2008).

Çizelge 4.8’de tavuk dönerlerden ekstrakte edilen yağların konjuge dien değerleri verilmiştir. Pişirme süresince döner örneklerinden ekstrakte edilen yağların konjuge dien değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 4 farklı döner bloğundan alınan numunelerden ekstrakte edilen yağların konjuge dien değerlerindeki değişim de önemli ($p<0.05$) olmuştur.

Çizelge 4.8. Döner Numunelerinin Konjuge Dien Değerleri (%)

Döner Numuneleri	D1	D2	D3	D4	ORT
Çiğ	0.16±0.00cC	0.16±0.02bC	0.39±0.02abA	0.26±0.02bB	0.24±0.11
1. saat	0.20±0.01aD	0.25±0.04aC	0.36±0.01bB	0.40±0.01aA	0.30±0.09
2. saat	0.12±0.03dD	0.19±0.02bC	0.43±0.05aA	0.27±0.02bB	0.25±0.13
3. saat	0.20±0.03abB	0.21±0.02abB	0.27±0.05cA	0.23±0.02cAB	0.23±0.03
4. saat	0.17±0.02bcC	0.26±0.01aB	0.29±0.01cA	0.14±0.01eD	0.21±0.07
5. saat	0.11±0.02deC	0.17±0.01bB	0.22±0.02dA	0.19±0.01dAB	0.17±0.05
6. saat	0.09±0.01eC	0.15±0.06bAB	0.21±0.01dA	0.12±0.01eBC	0.14±0.05

^{a-c} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

^{A-D} Aynı kesim süresinde döner blokları arasında farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

Çizelgede görüldüğü gibi çiğ örneklerin ortalama konjuge dien değerleri %0.24, pişmiş örneklerin konjuge dien değerleri ise en fazla %0.30 olarak bulunmuştur. Pişmiş örneklerin ortalama konjuge dien değerlerinin kesim süresinin artmasıyla azaldığı görülmektedir. Oksidasyonun gelişme aşamasında oluşan konjuge yapıdaki bileşiklerin diğer oksidasyon ürünlerine dönüşmesinden dolayı konjuge dien değerinde düşüş olduğu düşünülmektedir. Döner bloklarından en yüksek oranda konjuge dien değerine sahip olan D3 kodlu pişmiş döner numuneleri olup, ortalama konjuge dien değeri %0.30 olarak hesaplanmıştır. En düşük ortalama konjuge dien değeri ise D1 (%0.15) kodlu pişmiş döner numunelerinde bulunmuştur.

Şişlioğlu (2012) farklı formülasyonlarda hazırlanan 3 tavuk döner örneğinin konjuge dien değerlerini çiğ örneklerde maksimum %1.02, pişmiş örneklerde maksimum %1.0 olarak belirlemiştir. Her iki örnekte de elde edilen sonuçlar bizim çalışmada saptanan değerlerden yüksek olmuştur. Çağdaş (2011) ise, kaplama harcı ile kaplanarak pişirilen tavuk göğüs etinin konjuge dien değerinin depolamanın 63. gününe kadar arttığını (%0.508) sonrasında giderek azaldığını (%0.182) tespit etmiştir.

4.6.3 K_{232} ve K_{270} Değerleri

Tavuk dönerlerden ekstrakte edilen yağların K_{232} ve K_{270} değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Pişirme süresince döner örneklerinden ekstrakte edilen yağların K_{232} ve K_{270} değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 4 farklı döner halkasından alınan numunelerden ekstrakte edilen yağların K_{232} ve K_{270} değerlerindeki değişim de önemli ($p<0.05$) olmuştur.

K_{232} değeri çiğ örneklerde 2.59-5.33 değerleri arasında, pişmiş örneklerde 1.75-5.79 değerleri arasında bulunmuştur. K_{270} değeri ise çiğ örneklerde 0.76-2.80 değerleri arasında, pişmiş örneklerde 0.18-3.33 değerleri arasında bulunmuştur.

K_{232} ve K_{270} değerleri dönerler arasında farklılık göstermekle birlikte en yüksek değerler D3 kodlu (ortalama $K_{232}=4.22$ ve $K_{270}=2.04$), en düşük değerler ise D1 kodlu dönerden alınan pişmiş örneklerde (ortalama $K_{232}=2.46$ ve $K_{270}=0.56$)

tespit edilmiştir. Ayrıca K_{232} ve K_{270} değerlerinin her ikisinin de pişirmenin son süresinde alınan örneklerde en düşük değerlere ulaştığı görülmektedir. K_{232} değeri oksidasyonun birincil ürünlerinden hidroperoksitlerin göstergesidir. Hidroperoksitler stabil oksidasyon ürünleri olmadığından ısı işlemler sırasında ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşmektedir. Bu nedenle K_{232} değerinde pişirme süresinin artışına bağlı olarak düşme olmuştur. Diğer taraftan oluşan ikincil oksidasyon ürünlerinin bir kısmı uçucu karakterde olup yağdan uzaklaşmakta, bir kısmı ise yağda kalmaktadır (Mariutti and Bragagnolo, 2017). İkincil oksidasyon ürünlerinde (K_{270} değeri) başlangıçtaki artış ve sonrasındaki düşüşlerin bu sebeple olduğu düşünülmektedir.

Wong vd. (2017), derin yağda kızartılmış tavuk göğüs etinin 0-5 gün arasında K_{232} değerlerini 2.73-7.10 arasında, K_{268} değerlerini ise 1.47-2.21 arasında tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.9. Döner Numunelerinin K_{232} ve K_{270} Değerleri

Döner Numuneleri	D1		D2		D3		D4		ORT	
	K_{232}	K_{270}	K_{232}	K_{270}	K_{232}	K_{270}	K_{232}	K_{270}	K_{232}	K_{270}
Çiğ	2.59±0.06cC	0.79±0.08abC	2.59±0.21bC	0.76±0.11cC	5.33±0.30abA	2.80±0.20aA	3.83±0.19bB	1.62±0.16bB	3.59±1.30	1.49±0.96
1. saat	3.12±0.16aC	0.76±0.08abC	3.71±0.42aB	1.80±0.15aB	5.01±0.15bA	2.15±0.12bA	5.47±0.15aA	2.13±0.09aA	4.33±1.10	1.71±0.65
2. saat	2.18±0.34dD	0.53±0.28bC	2.96±0.20bC	1.18±0.17bBC	5.79±0.57aA	3.33±0.83aA	3.89±0.21bB	1.68±0.22bB	3.71±1.56	1.68±1.20
3. saat	3.05±0.03abB	0.88±0.05aC	3.15±0.29abB	1.17±0.26bC	3.88±0.34cA	2.00±0.23bA	3.50±0.18cAB	1.59±0.17bB	3.39±0.38	1.41±0.49
4. saat	2.71±0.20bcC	0.75±0.18abC	3.76±0.13aB	1.76±0.09aB	4.14±0.14cA	2.14±0.06bA	2.35±0.18eD	0.73±0.11dC	3.24±0.85	1.34±0.72
5. saat	1.99±0.27deC	0.25±0.19cD	2.75±0.09bB	0.75±0.07cC	3.28±0.22dA	1.34±0.14cA	2.97±0.12dAB	1.05±0.07cB	2.75±0.55	0.85±0.46
6. saat	1.75±0.06eC	0.18±0.05cD	2.51±0.67bB	0.64±0.05cB	3.21±0.15dA	1.26±0.08cA	2.08±0.17eBC	0.50±0.08dC	2.39±0.63	0.64±0.45

^{a-c} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

^{A-D} Aynı kesim süresinde döner blokları arasında farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

4.6.4 TBA Değeri

Malondialdehit (MDA) konsantrasyonu lipitlerin oksidasyon düzeyini belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. MDA lipit oksidasyonunun en son ürünlerindedir ve TBA değeri MDA konsantrasyonunu belirlemekte kullanılmaktadır (Juarez vd., 2010).

Tavuk döner örneklerinin TBA değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Pişirme süresince döner örneklerinin TBA değerlerindeki değişim önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 4 farklı döner bloğundan alınan numunelerin TBA değerlerindeki değişim de önemli ($p<0.05$) olmuştur. Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi en düşük TBA değerleri çiğ örneklerde (0.30-1.11 mg MA/kg) tespit edilmiştir. Pişirme işleminin lipit oksidasyon ürünlerinden aldehytlerin artışına neden olmuştur. Pişirme süresince alınan numunelerin ise TBA değerlerinde (1.27-2.87 mg MA/kg) artış ve azalışlar şeklinde değişim olmuştur. Artış yağdaki aldehytlerin ısının etkisi ile artmasından, azalışlar ise uçucu karakterde olan diğer aldehytlerin uzaklaşmasından kaynaklanabilir (Billek, 2000). Yaklaşık 6 saatlik kesim süresince tavuk dönerden alınan numunelerin sıcaklık değerlerinin ve sıcaklıktan etkilenme sürelerinin benzer olması, alınan numunelerin yüzey sıcaklıklarının birbirine yakın olması ve numune alımı sırasında merkez sıcaklıklarının oldukça düşük olması da bu değişimde etkili olmuştur (bkz. Çizelge 3.1).

Tüm döner örnekleri düşünöldüğünde pişme öncesi dönerde 0.74 mg MA/kg olan TBA değeri, pişirme ile hızla artarak 2.24 mg MA/kg değerine yükselmiştir. İzleyen kesimlerde ise azalış ve artışlar şeklinde düzensiz bir değişim olmuştur. Döner halkalarının kesimi süresince en yüksek ortalama TBA değerleri D1 kodlu dönerde (2.12 mg MA/kg yağ), en düşük ortalama ise D2 kodlu (1.58 mg MA/kg yağ) örneklerde gözlenmiştir.

Ergönöl ve Kundakçı (2006b) çiğ tavuk dönerlerin TBA değerini 0.278 mg MA/kg et şeklinde tespit etmiştir. Şişlioğlu (2012) TBA değerlerini çiğ tavuk döner örneklerinde maksimum 3.24 mg MA/kg yağ, pişmiş örneklerde ise maksimum 2.76 mg MA/kg yağ olarak tespit etmiştir. Pişmiş örneklerde bulduğumuz sonuçlar; bu sonuçlarla benzerlik göstermekte ancak çiğ örneklerde Şişlioğlu (2012)

sonuçlarından düşük değerler bulunmuştur. Kayaardi vd. (2005) ise, 4 °C’de depolanan hindi dönerlerin TBA değerlerinin 9. güne kadar yavaş, 9. günden sonra hızlı bir şekilde artış gösterdiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.10. Döner Numunelerinin TBA Değerleri (mg MA/kg et)

Döner Numunesi	D1	D2	D3	D4	ORT
Çiğ	1.11±0.03fA	0.84±0.01fB	0.30±0.07cD	0.72±0.06dC	0.74±0.34
1. saat	2.67±0.04cA	1.94±0.04aC	2.22±0.17aB	2.12±0.09aBC	2.24±0.31
2. saat	1.54±0.03dB	1.73±0.02bA	1.54±0.08bB	1.75±0.10bA	1.64±0.12
3. saat	1.27±0.04eB	1.47±0.04cdA	1.56±0.11bA	1.54±0.03cA	1.46±0.13
4. saat	1.58±0.09dB	1.38±0.00eC	1.51±0.04bB	1.84±0.04bA	1.58±0.20
5. saat	2.78±0.01bA	1.51±0.01cC	2.19±0.09aB	2.16±0.09aB	2.16±0.52
6. saat	2.87±0.02aA	1.46±0.03dB	1.46±0.03bB	1.57±0.09cB	1.84±0.69

^{a-f} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

^{A-D} Aynı kesim süresinde döner blokları arasında farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

Literatürde çiğ ve pişmiş tavuk etlerinde belirlenen TBA değerleri genellikle bulduğumuz sonuçlara yakın veya daha düşük olmuştur. Oruç vd. (2005) piliç etlerinde TBA değerini 0.007-0.850 µg MA/g şeklinde bildirmişlerdir. Demirkaya (2014) tarafından yapılan bir araştırmada ise, çiğ tavuk numunelerindeki TBA sayısı 0.08-0.87 µg MA/g arasında bulmuş, ortalama TBA sayısı ise 0.52±0.21 µg MA/g olarak tespit edilmiştir.

Al-Hijazeen vd. (2016) +4°C’de depolamanın 0., 3. ve 7. günlerinde çiğ göğüs etinde TBA değerlerini sırasıyla 0.14, 0.18, 0.34; pişmiş tavuk göğüs etlerinde ise 0.19, 1.42, 2.23 mg MA/kg et bulmuştur. Al-Hijazeen vd. (2018) tarafından yapılan başka bir araştırmada, pişmiş tavuk göğüs etinin TBA değerleri aynı depolama süresinde sırasıyla; 0.21, 1.36, 2.03 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir. Sayago-Ayerdi vd. (2009) çiğ ve pişmiş tavuk hamburgerlerin TBA değerlerini sırasıyla 0.84 ve 1.36 mg MA/kg et olarak tespit etmiştir. Özünlü vd. (2018) ise çiğ tavuk etinin TBA değerini 0.1-0.26 mg MA/kg şeklinde bulmuştur.

Tavuk eti üzerine yapılan bazı araştırmalarda ise bulduğumuz sonuçlardan daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Adeyemi vd. (2011), çiğ ve pişmiş tavuk numunelerinin TBA değerini sırasıyla 3.80 ve 5.60 mg MA/kg şeklinde bulmuştur. İbik (2007) ise, baharat eklenmemiş tavuk eti kavurmasının TBA değerini

depolamanın başlangıcında 0.57 mg MA/kg, 90. gününde ise 7.08 mg MA/kg olarak tespit etmiştir.

Literatürdeki araştırmalarda bulunan sonuçların bizimkinden farklı olmasının hammadde, üretim teknikleri ve depolama şartlarındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.7 Polar Madde Miktarı

Tavuk döner örneklerinin polar madde miktarları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Pişirme süresince döner örneklerinin polar madde miktarlarındaki değişim D3 kodlu döner numuneleri dışında önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 4 farklı döner bloğundan alınan numunelerin polar madde miktarlarındaki değişim 2. saatte alınan numuneler dışında önemli ($p<0.05$) olmuştur.

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi farklı kesim sürelerinde alınan döner etlerinden ekstrakte edilen yağların polar madde miktarlarında değişim artış azalışlar şeklinde olmuş, düzenli bir değişim olmamıştır. Tüm döner numunelerinden ekstrakte edilen yağların polar madde miktarları %6.30 ile %10.55 arasında bulunmuştur. Döner bloklarının ortalama polar madde miktarları pişirme öncesinde %8.12 iken, pişirme sonrası 1. saatte %9.77 değerine yükselmiştir. Pişirme işlemi kesimin ilk saatlerinde lipit fraksiyonundaki polar maddelerin artışına neden olmuştur. Ancak 6. saatte yapılan kesimde alınan örneklerde ise %7.30 değerine düşmüştür. Bu durumun, kesimi yapılan et katmanlarının heterojen yapıda olması ve farklı oranlarda polar maddelere sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Hayvansal yağlarda nötr ve polar lipitler bulunmaktadır. Nötr lipitler büyük oranda trigliseritlerden oluşmaktadır (Sahasrabudhe ve Smallbone, 1983). Polar lipitler ise fosfolipitler, glikolipitler ve lipoproteinler gibi lipitler ile monogliseritler, digliseritler ve serbest yağ asitleridir (Toschi vd., 2003). Çalışmada uygulanan kolon kromatografi yönteminde polar ve apolar karakterdeki bileşikler birbirinden ayrılmaktadır. Kolon dolgu maddesi tarafından tutulan polar karakterdeki maddeler

kısmi gliseritler, serbest yağ asitleri, polimer ve dimer yapıdaki trigliseritler ile polar lipitlerdir.

Çizelge 4.11. Döner Numunelerinin Polar Madde Miktarları (%)

Döner Numunesi	D1	D2	D3	D4	ORT
Çiğ	9.29±0.26aA	9.77±0.87aA	7.10±0.50bB	6.30±0.39bB	8.12±1.68
2. saat	10.55±0.62aA	9.76±0.51aA	9.33±0.82aA	9.44±0.89aA	9.77±0.55
4. saat	7.63±0.54bB	10.10±0.56aA	8.75±0.85abAB	9.96±0.42aA	9.11±1.16
6. saat	6.42±0.59bB	6.61±0.76bB	7.00±0.39bB	9.16±0.21aA	7.30±1.26

^{a-b} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

^{A-B} Aynı kesim süresinde döner blokları arasında farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

Sahasrabudhe ve Smallbone (1983), sığır etinden farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde ettikleri lipitlerde yüksek düzeyde yağ içeren 100 g sığır etinde 16.74-19.77 g trigliserit, 0.70-1.28 g monogliserit, digliserit, yağ asiti ve sterol ile polar lipit miktarlarını ise 0.14-0.81 g değerleri arasında tespit etmişlerdir. Sahasrabudhe vd. (1985) tavuk etinin polar lipit miktarını but etlerinde toplam lipitin %4-7'si oranında, göğüs etinde ise toplam lipitin %8-10'unu oranında saptamışlardır. Bizim sonuçlar Sahasrabudhe vd. (1985)'nin çalışmasında bulunduğu değerler ile uyumludur. Bastida vd. (2009) pişmiş domuz etlerinde polar madde miktarını %7.0 ile %8.3 arasında bulmuşlardır.

4.8 Polimer Trigliserit Miktarı

Uzun süren tekrarlı kızartma işlemleri sırasında polimer trigliseritler oluşur. Polimer trigliseritler yağın bozulmasını hızlandırır, yağın viskozitesini artırır, ısı transferini düşürür, kızartma sırasında köpük oluşturur ve gıdada istenmeyen renge neden olurlar. Kızartıcının kenarlarında kahverengi, reçinemsî bir kalıntı bırakırlar (Yaşdağ ve Tekin, 2017).

Farklı tavuk dönerlerin çiğ örnekler ile, pişirmenin 2., 4. ve 6. saatlerinde alınan örneklerin içerdiği polimer trigliserit miktarları Çizelge 4.12'de gösterilmiştir. Pişirme süresince döner örneklerinin polimer trigliserit miktarlarındaki değişim önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). 4 farklı döner bloğundan alınan numunelerin polimer trigliserit miktarlarındaki değişim de önemsiz ($p>0.05$) olmuştur.

Çizelge 4.12. Döner Numunelerinin Polimer Trigliserit Miktarı (g/100 g)

Döner Numunesi	D1	D2	D3	D4	ORT
Çiğ	0.026 ± 0.013a	0.022 ± 0.005ab	0.032 ± 0.030a	0.033 ± 0.001a	0.027 ± 0.008
2. saat	0.021 ± 0.003a	0.019 ± 0.001b	0.035 ± 0.016a	0.027 ± 0.023a	0.024 ± 0.006
4. saat	0.024 ± 0.011a	0.022 ± 0.008ab	0.037 ± 0.011a	0.023 ± 0.002a	0.031 ± 0.007
6. saat	0.039 ± 0.015a	0.033 ± 0.001a	0.022 ± 0.009a	0.037 ± 0.011a	0.030 ± 0.006

^{a-b} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p < 0.05$)

Görüldüğü gibi örneklerin polimer trigliserit miktarları oldukça düşük bulunmuştur. Dönerin pişirilmesi sırasında uygulanan ısı işlem polimer madde oluşumuna neden olmamıştır. Pişmiş döner numunelerindeki polimer trigliserit miktarı pişmemiş numunelerdekine benzer şekilde saptanmıştır. Farklı sürelerde alınan döner numunelerinin ortalama polimer trigliserit miktarları 0.019 ile 0.039 g/100 g yağ arasında değişmiştir. Döner hazırlanması sırasında veya et ürünlerinin pişirilmesi sırasında polimer trigliserit oluşumu üzerine daha önce yapılan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

4.9 Yağ Asidi Bileşimi

Çiğ ve kesimin 6. saatinde alınan dönerlerden ekstrakte edilen yağın yağ asidi bileşimleri Çizelge 4.13'te gösterilmiştir. Döner örneklerinde doymuş yağ asitlerinden en fazla palmitik asitin (C16:0) olduğu, çiğ örneklerde ortalama %19.90, pişmiş örneklerde ise ortalama %19.07 oranında bulunduğu belirlenmiştir. Palmitik asiti stearik asitin (C18:0) izlediği, çiğ döner numunelerinde ortalama %5.28, pişmiş numunelerde ise %5.71 oranında stearik asitin bulunduğu saptanmıştır. Tekli doymamış yağ asitlerinden en fazla bulunan yağ asidinin oleik asit (C18:1c) olduğu ve çiğ örneklerde ortalama %32.32, pişmiş örneklerde ise ortalama %31.86 oranlarında bulunduğu tespit edilmiştir. Tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asiti, palmitoleik asitin (C16:1) izlediği görülmüştür. Palmitoleik asit oranı çiğ numunelerde %3.12 iken, pişmiş numunelerde %2.60 oranında bulunmuştur. Döner örneklerinin çoklu doymamış yağ asitlerinden ise en fazla linoleik asit (C18:2) içerdiği belirlenmiştir. Çiğ örneklerde bulunan linoleik asit miktarı ortalama %34.89 iken, pişmiş örneklerde ortalama %36.43 olarak tespit edilmiştir. Diğer çoklu doymamış yağ asiti olan linolenik asit (C18:3) ise çiğ numunelerde %3.16, pişmiş

numunelerde ise %3.00 olarak belirlenmiştir. Çiğ ve pişmiş döner örnekleri maksimum %0.04 değerinde trans yağ asidi içerdiği belirlenmiştir.

Görüldüğü gibi çiğ ve pişmiş dönerlerden ekstrakte edilen yağların yağ asidi bileşimi benzer olmuştur. Doymuş yağ asidi (SFA), tekli doymamış yağ asidi (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asidi (PUFA), MUFA/SFA, PUFA/SFA oranları çiğ dönerde %25.83, %35.80, %38.37, 1.39 ve 1.49 iken, pişmiş dönerde %25.40, %34.84, %39.76, 1.37 ve 1.57 olarak belirlenmiştir. Pişirme sırasında döner yüzeyi yüksek sıcaklığa maruz kalmadığı için yağ asidi bileşiminde belirgin bir değişim olmamıştır.

Şişlioğlu (2012) tarafından yapılan bir çalışmada çiğ ve pişmiş tavuk döner örneklerinde bizimkilerle benzer şekilde doymuş yağ asitlerinden palmitik asit, tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asit, çoklu doymamış yağ asitlerinden ise linoleik asit en yüksek oranda bulunmuştur. Döner örneklerinin palmitik asit (C16:0), oleik asit (C18:1c) ve linoleik asit (C18:2c) miktarları sırasıyla çiğ dönerlerde %20.13; %38.11 ve %35.44 iken pişmiş dönerlerde sırasıyla %20.25; %33.10 ve %32.32 olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmada elde edilen değerler bu çalışmadaki ile benzer olmuştur.

Ergönül ve Kundakçı (2006a) et dönerlerin yağ asidi bileşimlerini incelemiş ve SFA, MUFA ve PUFA oranlarını çiğ dönerde sırasıyla %28.52; %42.50; %28.68 pişmiş dönerde ise %30.17; %41.34; %25.92 şeklinde tespit edilmiştir. Şimşek ve Kılıç (2013) ise et dönerlerin yağ bileşiminde SFA, MUFA ve PUFA miktarlarını çiğ dönerde sırasıyla %34.44; %34.40; %28.98 pişmiş dönerde ise %37.69; %31.85; %29.34 oranında tespit etmişlerdir. Çiğ ve pişmiş et dönerlerin SFA ve MUFA değerleri bulduğumuz sonuçlardan yüksek iken, PUFA değerleri daha düşük bulunmuştur.

Döner dışında tavuk etlerinde yapılan çalışmalarda, Sampaio vd. (2012) pişmiş tavuk göğüs etinin +4 °C'de 0, 48 ve 96 saat depolanması süresince SFA oranını sırasıyla 3.9, 2.5, 2.2; MUFA oranını 5.5, 4.0, 3.4; PUFA oranını 3.8, 2.3, 2.1 g/100g olarak tespit etmiştir. But etinin SFA oranını 3.5, 2.7 ve 2.1; MUFA oranını 6.5, 4.6 ve 3.7; PUFA oranını ise 3.4, 1.7 ve 1.8 g/100 g olarak bulmuşlardır.

Demirci (2015) palmitik asit oranını tavuğun but bölgesinde; %13.33-%37.04 ve göğüs bölgesinde; %14.51-%28.13 olarak belirlemiştir. But bölgesindeki oleik asit oranı %21.05-%39.13, göğüs bölgesinde ise %21.07-%29.26 olarak bulmuştur. Tavuk numunelerinin but etinde linoleik asit oranı %14.09-%30.94, göğüs etinde ise %22.08-%35.87 oranlarında tespit edilmiştir.

Şimsek ve Kılıç (2013) pişirme ile balık dönerin toplam UFA, SFA/UFA ve PUFA oranlarında önemli bir değişim olmadığını, toplam SFA, n-3 ve n-3/n-6 oranlarında artış, toplam MUFA ve n-6 oranlarında ise düşme olduğunu bildirmişlerdir. Ergönül ve Kundakçı (2006a) çiğ ve pişmiş hindi dönerlerin SFA, MUFA ve PUFA oranlarını %28.52, %42.50, %28.68 ile %30.17, %41.34, %25.92 olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 4.13. Döner Numunelerinin Yağ Asidi Bileşimi Oranları (%)

Yağ Asitleri	D1		D2		D3		D4		ORT	
	Çiğ	6 saat	Çiğ	6 saat	Çiğ	6 saat	Çiğ	6 saat	Çiğ	6 saat
C14:0	0.47	0.48	0.49	0.48	0.48	0.48	0.55	0.48	0.50±0.04	0.48±0.00
C16:0	19.55	19.14	19.56	19.12	19.71	18.99	20.78	19.04	19.90±0.59	19.07±0.07
C16:1	2.97	2.55	2.99	2.63	3.00	2.57	3.50	2.63	3.12±0.26	2.60±0.04
C18:0	5.22	5.76	5.20	5.72	5.23	5.68	5.47	5.67	5.28±0.13	5.71±0.04
C18:1 <i>tr</i>	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03	0.04	0.03±0.01	0.03±0.01
C18:1 <i>c</i>	31.63	31.68	31.82	31.90	32.06	31.84	33.76	32.02	32.32±0.98	31.86±0.14
∑C18:2 <i>tr</i>	0.03	0.01	0.02	0.03	0.00	0.02	0.01	0.03	0.02±0.01	0.02±0.01
C18:2 <i>c(n6)</i>	36.32	36.45	35.97	36.25	35.61	36.65	31.66	36.39	34.89±2.17	36.43±0.17
C18:3 (<i>n3</i>)	3.05	3.03	3.10	2.98	3.13	3.02	3.37	2.99	3.16±0.14	3.00±0.02
C20:0	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10±0.01	0.10±0.01
C20:1	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08±0.00	0.09±0.00
C21:0	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.03	0.06	0.04	0.05±0.01	0.04±0.01
C20:2	0.23	0.38	0.33	0.35	0.26	0.25	0.37	0.22	0.30±0.06	0.30±0.08
C22:1	0.26	0.27	0.27	0.28	0.27	0.27	0.25	0.27	0.26±0.01	0.27±0.00
SFA	25.38	25.52	25.39	25.48	25.57	25.26	26.97	25.33	25.83±0.77	25.40±0.12
MUFA	34.99	34.61	35.19	34.92	35.42	34.80	37.62	35.04	35.80±1.22	34.84±0.18
PUFA	39.64	39.87	39.42	39.61	39.01	39.94	35.41	39.62	38.37±1.99	39.76±0.17
MUFA/SFA	1.38	1.36	1.39	1.37	1.38	1.38	1.39	1.38	1.39±0.01	1.37±0.01
PUFA/SFA	1.56	1.56	1.55	1.55	1.53	1.58	1.31	1.56	1.49±0.12	1.57±0.01

55

Doymuş yağ asidi (SFA), tekli doymamış yağ asidi (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asidi (PUFA)

4.10 Serbest ve Ester MCPD Miktarları

Çiğ döner örnekleri ile dönerin pişirilmesi sırasında 2., 4. ve 6. saatlerde alınan et örneklerindeki serbest ve ester bağlı 3-MCPD miktarları Çizelge 4.14'te belirtilmiştir. Çiğ örneklerin lipit fraksiyonlarında ester MCPD miktarları 13.35-84.95 µg/kg değerleri arasında, pişmiş örneklerin lipit fraksiyonlarında ise 33.07-311.97 µg/kg değerleri arasında değişim göstermiştir. Çiğ örneklerin lipit fraksiyonlarındaki ester 3-MCPD miktarları pişmiş örneklere göre daha düşük bulunmuştur. Lipit fraksiyonlarında en yüksek değerler D4 kodlu dönerden alınan örneklerde, en düşük değerler ise genellikle D3 kodlu dönerden alınan örneklerde tespit edilmiştir. Tüm denemeler dikkate alındığında pişirme süresi arttıkça ester 3-MCPD miktarının da arttığı saptanmıştır. Mogol vd. (2014) benzer şekilde bisküvilerde pişirme süresi arttıkça ester 3-MCPD miktarlarının arttığını bildirmiştir.

Yağsız et örneklerinin serbest MCPD miktarları çiğ örneklerde 13.87-41.70 µg/kg değerleri arasında, pişmiş örneklerde 11.64-25.71 µg/kg değerleri arasında bulunmuştur. D1 ve D4 kodlu çiğ örneklerde 3-MCPD miktarları aynı kodlardaki pişmiş örneklerden yüksek iken D3 kodlu çiğ örnekte pişmiş örneklerden daha düşük değerde tespit edilmiştir. Pişmiş yağsız et örneklerinde en yüksek 3-MCPD değerleri D3 kodlu dönerde, en düşük değerler ise çoğunlukla D1 kodlu dönerde belirlenmiştir. Pişirme süresince dönerlerin ortalama serbest 3-MCPD miktarlarında düşme olmuştur. Bu durum 3-MCPD bileşiklerinin diğer MCPD veya glisidil izomerlerine dönüşmesinden kaynaklanabilir. Wong vd. (2017) çalışmasında 3-MCPD'nin 2-MCPD'ye dönüştüğünü bildirmiştir.

Örneklerin lipit fraksiyonlarındaki ester 3-MCPD miktarları yağsız et örneklerindeki serbest 3-MCPD miktarlarına göre daha yüksek bulunmuştur. Pişmiş örneklerin lipit fraksiyonlarındaki en yüksek 3-MCPD değerleri genellikle 6 saat sonra alınan örneklerde tespit edilmiştir. Farklı dönerlerden alınan örneklerin 3-MCPD sonuçlarında büyük değişikliklerin olması standart sapmanın yüksek çıkmasına neden olmuştur. Dönerler arasındaki farklılığın sebebinin pişirme sırasında etin maruz kaldığı sıcaklık, süre, yağ miktarı ve bileşimi ile marinasyon işlemindeki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

MCPD oluşumunda klor iyonu, gliserol, gliserol esterleri, monogliserit, digliserit ve trigliseritler ile sıcaklık ve sürenin MCPD oluşumunda etkili faktörler olduğu literatürde bildirilmektedir (Hamlet vd., 2011; Karabulut ve Yemişçioğlu, 2012; Velisek vd., 1980; Zhang vd., 2013).

3-MCPD genellikle gıdaların ısıtılma işlem görmesi sonrasında oluşan bir bileşiktir. Ancak Çizelge 4.14'e bakıldığında çiğ örneklerde de 3-MCPD bulunduğu görülmektedir. Bu durumun; döner marinasyonunda kullanılan sos, salça ve baharatlardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tavuk döner örneklerinin MCPD miktarı ile ilgili yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak sığır ve kümes hayvanları etleri ve ürünlerinde bu konuda yapılmış araştırmalar mevcuttur. Örneğin; Chung vd. (2008) sığır, kümes hayvanları etleri ve onların ürünlerinde serbest 3-MCPD miktarlarını 4-22 µg/kg düzeyinde belirlemişlerdir. Bu değerler bulduğumuz sonuçlara yakın veya daha düşüktür.

Arisseto vd. (2015) derin yağda kızartılmış tavuk kroketlerin 0.12-0.14 mg/kg, tavuk nuggetların ise en fazla 0.08 mg/kg düzeyinde 3-MCPD esterleri içerdiğini bildirmişlerdir. Crews vd. (2013) ızgara tavukların 3-MCPD ester miktarını 0.26-0.74 mg/kg olarak bulmuştur. Görüldüğü gibi genel olarak Crews vd. (2013) tarafından belirlenen değerler bizim döner numunelerinde tespit ettiğimiz ester 3-MCPD miktarlarından daha yüksek olmuştur.

Wong vd. (2017) tavuk göğüs etlerinin kızartıldığı palm yağında, kızartma süresinin artmasıyla 3-MCPD esterlerinde düşme olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun stabil olmayan 3-MCPD esterlerinin uzun süreli ısıtma sonucunda glisidil esterlerine dönüşmesinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Ayrıca etlere ilave edilen tuz konsantrasyonunun artması ile 3-MCPD esterlerinde artış olduğunu bildirmişlerdir.

Schallschmidt vd. (2012) ızgara ette farklı marinasyon ve pişirme tekniklerinin serbest 3-MCPD miktarı üzerine etkisini araştırmışlardır. En yüksek 3-MCPD içeriği yağlı marinasyon yapılmış ve kömür ızgarada pişirilmiş bifteklerde bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Döner Numunelerinde Bulunan Serbest ve Ester-Bağlı 3-MCPD Miktarları ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Döner Numunesi	D1		D2		D3		D4		ORT	
	Ester 3-MCPD	Serbest 3-MCPD	Ester 3-MCPD	Serbest 3-MCPD	Ester 3-MCPD	Serbest 3-MCPD	Ester 3-MCPD	Serbest 3-MCPD	Ester 3-MCPD	Serbest 3-MCPD
Çiğ	70.63dB	31.90aB	28.19dC	16.55bC	13.35dD	13.87dD	84.95dA	41.70aA	49.28±33.98	26.00±13.14
2. Saat	78.91cB	15.59bD	56.13bC	17.84aC	33.07cD	25.71aA	177.55cA	23.97bB	86.41±63.57	20.78±4.83
4. Saat	131.59bB	14.54cC	40.72cD	11.88dD	49.73bC	23.16bA	311.97aA	19.07cB	133.50±125.81	17.16±4.98
6. Saat	214.63aB	13.98dC	187.61aC	15.67cB	110.91aD	21.76cA	309.79bA	11.64dD	205.74±82.11	15.77±4.33

^{a-d} Aynı döner bloğunda kesim süreleri arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$)

^{A-D} Aynı kesim süresinde döner blokları arasında farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

4.11 Akrilamid Miktarı

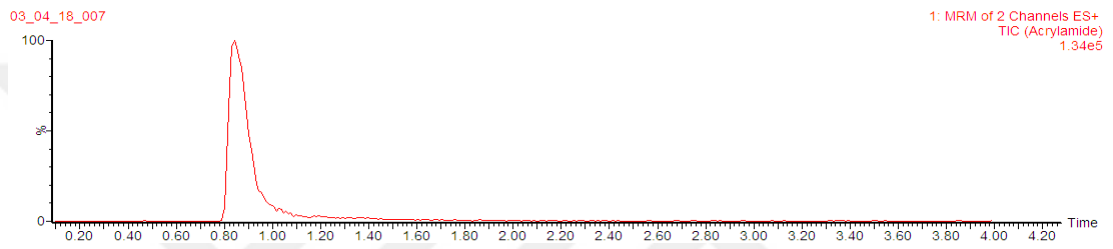
Şekil 4.1’de D3 kodlu dönerin pişirilmesi sırasında 2. saatte alınan örneğe, Şekil 4.2’de ise D3 kodlu dönerin 6. saatte alınan örneğine ait GC-MS kromatogramı verilmiştir. Standart çözeltilerin kromatogramları ise Ek-E’de gösterilmiştir. Şekil 4.3’te 10 ng/mL konsantrasyondaki akrilamid standardına ilişkin GC-MS kromatogramları verilmiştir. Örnekler ile akrilamid standartlarına ilişkin kromatogramlar karşılaştırıldığında, örneklerde akrilamide ait olan 1.10 dk alıkonma süresinde pik gözlenememiştir. Akrilamid tanımlaması yapılırken MS/MS dedektör sisteminde molekül kütlesi 72 olan akrilamidin parçalanma ürünlerinden 55 ve 44 molekül ağırlıklarına sahip moleküller esas alınmıştır. Örneklerin analizinde bu molekül kütlelerine sahip bileşikler tespit edilememiştir. Dolayısıyla, döner bloklarından alınan numunelerin tümünde akrilamid düzeyi dedeksiyon limitinin (3 ng/g) altında kalmıştır. Bu nedenle akrilamid tayininde sayısal değer verilememiştir.

Bizim sonuçların aksine, Aykın vd. (2016) yağda kızartılmış kaplamalı tavukların akrilamid miktarını 63.83 µg/kg düzeyinde tespit etmiş ve kaplama maddesine ilave edilen sodyum bikarbonatın, akrilamid oluşumu üzerinde amonyum bikarbonata göre daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Kaplan vd. (2009) ise tavuk dönerin akrilamid içeriğini 28 µg/kg düzeyinde tespit etmişlerdir.

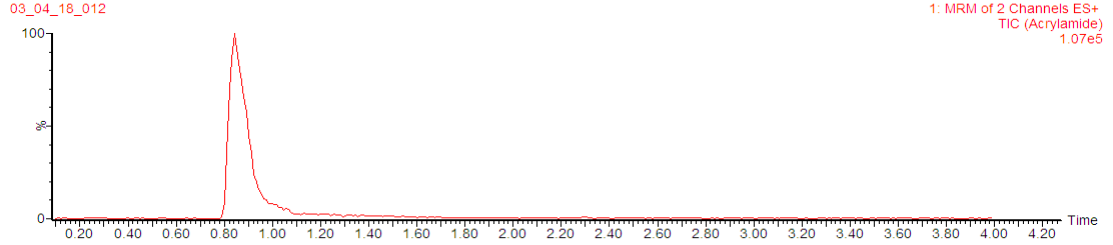
Demirok and Kolsarıcı (2014) toplu tüketim yerlerinde tüketilen kaplamalı butların ve kanatların akrilamid miktarlarını sırasıyla 2.60–314.28 ng/g ve 11.20-31.35 ng/g olarak belirlemişlerdir. Akrilamid düzeyinin geniş bir aralıkta değişim göstermesinin kaplama maddesinin bileşiminden, pişirme sıcaklığı ve süresinin farklılığından kaynaklanabileceği bildirmişlerdir.

Soncu-Demirok vd. (2018), Ankara’da bulunan çeşitli fast food restoranlardan alınan kaplanmış tavuk budu, tavuk kanadı, tavuk burger ve tavuk naggetlardaki akrilamid miktarlarını sırasıyla 174.30, 20.75, 58.60 ve 71.42 µg/kg kaplama materyali şeklinde belirlemişlerdir. Fast food restoranları tercih eden 15-25 yaş aralığındaki gençlerin bu ürünlerin tüketimiyle 26-35 yaş grubundaki kişilerle karşılaştırıldığında iki kat daha fazla akrilamid aldıklarını bildirmişlerdir.

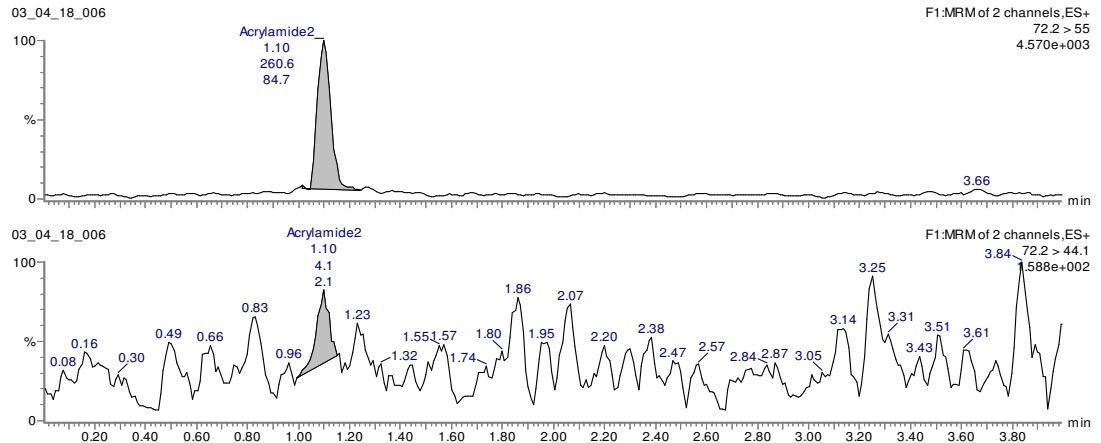
Claeys vd. (2005) gıdaların yüksek sıcaklarda işlenmesinin heterosiklik aminler, polisiklik aromatik hidrkarbonlar ve akrilamid gibi toksik bileşenlerin oluşumuna neden olabildiğini bildirmiştir. Karagöz (2009) ise akrilamidin karbonhidrat ve protein içerikli gıdaların 120 °C gibi yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu oluştuğunu ileri sürmüştür. Bu durumda yapılan akrilamid analizinde tavuk döner örneklerinin akrilamid içeriğinin dedeksiyon limitinin altında kalması, dönerlerin pişirilmesi sırasında yüzey sıcaklıklarının maksimum 81 °C'ye ulaşmış olması ve uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.1. D3 kodlu dönerden pişirmenin 2. saatinde alınan numuneyle ait GC-MS kromatogramı.



Şekil 4.2. D3 kodlu dönerden pişirmenin 6. saatinde alınan numuneyle ait GC-MS kromatogramı.



Şekil 4. 3. 10 ng/mL konsantrasyonundaki akrilamid standardına ilişkin GC-MS kromatogramı.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada tavuk dönerin pişirilmesi sırasında döner etinin lipit fraksiyonunda meydana gelen değişimler değerlendirilmiştir. Ayrıca pişirme sırasında serbest ve ester bağlı MCPD miktarları ile akrilamid miktarlarındaki değişim de araştırılmıştır.

Dönerin pişirilmesi sırasında döner bloğunun merkez sıcaklığı maksimum 10.6 °C'ye yükselmiştir. Bu durum 6 saatlik kesim sırasında dönerin aşırı sıcaklığa maruz kalmadığını göstermektedir. Dönerlerin yüzey sıcaklıkları ise maksimum 80.3 °C'ye ulaşmıştır.

Pişmiş tavuk dönerlerin dış yüzeyinin L^* değerinin pişmiş örneklerde ortalama 75.21, a^* değerinin 4.19 ve b^* değerinin 23.04 olduğu belirlenmiştir. Çiğ örneklerde ise, L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 48.23, 11.36 ve 23.68 olarak bulunmuştur. Pişirme ile L^* değerinin arttığı ve a^* değerinin ise düştüğü görülmüştür. C^* değerleri çiğ örneklerde ortalama 26.32 iken, pişmiş örneklerde ortalama 21.83-25.65 değerleri arasında bulunmuştur. h değerleri ise, çiğ örneklerde ortalama 64.60 iken, pişmiş örneklerde 77.07-81.17 arasındadır.

Çiğ örnekte ortalama %78.7 olan nem değeri kesimin 6. saatinde %58.7 değerine düşmüştür. Pişirme işlemi sırasında üründeki nem uzaklaşmakta ve bu nedenle nem miktarında azalma olmaktadır.

Çiğ örneklerin % yağ miktarı pişmiş örneklere göre daha düşük bulunmuştur. Numunelerin yağ miktarı %10.9-33.1 arasında olup, dönerin iç kısımlarına doğru artış göstermektedir. Bu artışın döner etlerinin takılması sırasında iç kısımlara ilave edilen tavuk iç yağına bağlı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca pişirme süresinin ilerlemesiyle birlikte nem miktarındaki azalmanın, oransal olarak dönerlerin yağ miktarının artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Farklı sürelerde alınan döner numunelerinin ortalama serbest yağ asidi miktarları %oleik asit cinsinden %1.33-2.06 değerleri arasında bulunmuştur.

Lipit oksidasyon düzeyinin belirlenmesinde birincil oksidasyonun göstergesi olan peroksit değeri, konjuge dien değeri ve özgül absorbands (K_{232}) analizleri yapılmıştır. Örneklerin peroksit değerleri çiğ örneklerde 2.6-3.7 meş O_2/kg ; pişmiş örneklerde ise 1.0-3.9 meş O_2/kg değerleri arasında bulunmuştur. Çiğ örneklerin ortalama konjuge dien değerleri % 0.24, pişmiş örneklerin konjuge dien değerleri ise en fazla % 0.30 olarak bulunmuştur. K_{232} değeri çiğ örneklerde 2.59-5.33 değerleri arasında, pişmiş örneklerde 1.75-5.79 değerleri arasında bulunmuştur. K_{270} değeri ise çiğ örneklerde 0.76-2.80 değerleri arasında, pişmiş örneklerde 0.18-3.33 değerleri arasında bulunmuştur. Pişme öncesi dönerin TBA değeri ortalama 0.74 mg MA/kg iken, pişmiş numunelerin TBA değeri ortalama 1.46 ile 2.24 mg MA/kg arasında değişim göstermiştir. Pişirme süresi uzadıkça etten ekstrakte edilen yağın peroksit değeri, konjuge dien değeri, K_{232} ve K_{270} özgül absorbands değerleri ve TBA değerlerinde düşme olduğu saptanmıştır. Bunun sebebinin oluşan oksidasyon ürünlerinin başka bileşiklere dönüşmesinden veya uçucu karakterde olduğu için pişirme işlemi sırasında uzaklaşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tüm döner numunelerinden ekstrakte edilen yağların polar madde miktarları %6.30 ile %10.55 arasında bulunmuş ve düzenli bir değişim olmamıştır. Bu durumun, kesimi yapılan et katmanlarının heterojen yapıda olması ve farklı oranlarda polar maddelere sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Farklı sürelerde alınan döner numunelerinin ortalama polimer trigliserit miktarları 0.019 ile 0.039 g/100 g yağ arasında değişmiştir. Bu değerler oldukça düşük olduğundan dönerin pişirilmesi sırasında uygulanan ısıl işlemin polimer trigliserit oluşumuna neden olmadığı düşünülmektedir.

Pişmiş döner örneklerinde doymuş yağ asitlerinden palmitik asit (C16:0) miktarı %19.07, stearik asit (C18:0) miktarı %5.71; tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asit (C18:1c) miktarı %31.86, palmitoleik asit (C16:1) miktarı %2.60; çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik asit (C18:2) miktarı %36.43, linolenik asit (C18:3) miktarı ise %3.00 olarak belirlenmiştir. Ayrıca çiğ ve pişmiş döner

örneklerinin maksimum %0.04 düzeyinde trans yağ asidi içerdiği saptanmıştır. Pişirme sırasında döner yüzeyi yüksek sıcaklığa maruz kalmadığı için yağ asidi bileşiminde belirgin bir değişim olmamıştır.

SFA, MUFA, PUFA, MUFA/SFA, PUFA/SFA oranları çiğ dönerde 25.83, 35.80, 38.37, 1.39 ve 1.49 iken, pişmiş dönerde 25.40, 34.84, 39.76, 1.37 ve 1.57 olarak belirlenmiştir.

Çiğ örneklerin lipit fraksiyonlarında ester MCPD miktarları 13.35-84.95 µg/kg değerleri arasında değişiklik gösterirken, pişmiş örneklerin lipit fraksiyonlarında 33.07-311.97 µg/kg değerleri arasında belirlenmiştir. Çiğ örneklerin lipit fraksiyonlarındaki ester 3-MCPD miktarları pişmiş örneklere göre daha düşük bulunmuştur. Tüm denemeler dikkate alındığında pişirme süresi arttıkça ester 3-MCPD miktarının da arttığı saptanmıştır.

Yağsız et örneklerinin serbest MCPD miktarları çiğ örneklerde 13.87-41.70 µg/kg değerleri arasında, pişmiş örneklerde 11.64-25.71 µg/kg değerleri arasında bulunmuştur. Pişirme süresince dönerlerin ortalama serbest 3-MCPD miktarlarında düşme olmuştur. Bu durumun 3-MCPD bileşiklerinin diğer MCPD veya glisidil izomerlerine dönüşmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çiğ döner numunelerinde serbest ve ester 3-MCPD bulunmasının ise marinasyonunda kullanılan sos, salça ve baharatlardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Pişirme sırasında döner numunelerinde akrilamid tespit edilememiştir. Pişirme sıcaklığı düşük olduğu için dönerde akrilamid oluşumu gerçekleşmemiştir. Bu nedenle dönerin akrilamid açısından riskli bir ürün olmadığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada fabrikasyon olarak üretilen tavuk dönerin pişirilmesi sırasında lipit oksidasyon ürünleri, serbest ve ester 3-MCPD miktarları ve akrilamid düzeyleri araştırılmıştır. Restoranlarda geleneksel olarak hazırlanarak satışa sunulan tavuk dönerlerin içeriği ve üretim şartları fabrikasyon olandan farklı olduğu için bu restoranlarda dönerlerin pişirilmesi sırasında gerçekleşen değişimlerin de incelenmesi gereklidir. Lipit oksidasyonu, MCPD ve akrilamid miktarları yanında polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve heterosiklik aromatik aminler gibi bileşiklerin

de tespit edilmesi uygun olacaktır. Diğer taraftan döner numunelerinin gıda güvenliği açısından mikrobiyolojik kalitesinin araştırılması da önem arz etmektedir.



6. KAYNAKLAR

- Adeyemi KD, Olorunsanya OA and Abe OT (2013) "Effect of Citrus Seed Extracts on Oxidative Stability of Raw and Cooked Chicken Meat", *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 3 (1): 195-199.
- Al-Hijazeen M, Mendonca A, Lee EJ and Uk AD (2018) "Effect of Oregano Oil and Tannic Acid Combinations on the Quality and Sensory Characteristics of Cooked Chicken Meat", *Poultry Science*, 97: 676–683.
- Al-Hijazeen M, Lee EJ, Mendonca A and Uk AD (2016) "Effects of Tannic Acid on Lipid and Protein Oxidation, Color and Volatiles of Raw and Cooked Chicken Breast Meat During Storage", *MDPI, Antioxidants*, 5(19):2-11.
- Alpar SR, Hakdiyem D and Bigat T (1971) "Sinai Kimya Analiz Metotları", 1.Cilt, 4. Baskı, İstanbul.
- Alpözen E (2012) İzmir Gevreğinde Akrilamid Düzeylerinin Belirlenmesi ve Pişirme Koşullarının Akrilamid Oluşumu Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Altun Ç (2008) Farklı Karkas Bölümlerinden Farklı Randımanlarda Üretilmiş Mekanik Ayrılmış Tavuk Etlerinin Bazı Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Andres S, Appel KE and Lampen A (2013) "Toxicology, Occurrence and Risk Characterisation of the Chloropropanols in Food: 2-Monochloro-1,3-Propanediol, 1,3-Dichloro-2-Propanol and 2,3-Dichloro-1-Propanol", *Food and Chem Toxicol*, 58: 467-478.
- AOAC (2002), 950.46; Moisture in Meat and Meat Products, Official methods for analysis (17th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- AOCS (2000), Method Ca 5a-40; Ce 2-66; Cd 20-91; Ch 5-91; Ti 1a-64, Official and Recommended Methods of the American Oil Chemist's Society, AOCS Press, Champaign, IL.
- Arisseto AP, Marcolino PFC and Vicente E (2015) "3-Monochloropropane-1,2-diol Fatty Acid Esters in Commercial Deep-Fat Fried Foods", *Food Additives & Contaminants: Part A*, 32 (9): 1431–1435.
- Aykın E, Arslan S, Durak AN, and Erbas M (2016) "Effect of Bicarbonate Salts and Sequential Using of Frying Oil on Acrylamide and 5-Hydroxymethylfurfural Contents in Coated Fried Chicken Meat", *International Journal of Food Properties*, 19: 222–232.

- Barbut S (2013) "Microstructure, Texture and Colour Development During Crust Formation on Whole Muscle Chicken Fillets", *British Poultry Science*, 54(2):176-82.
- Barutçu I, Şahin S ve Şumnu G (2008) "Kaplanarak Kızartılan Ürünlerde Farklı Kaplama Maddelerinin ve Mikrodalga'nın Akrilamid Üzerine Etkisi", *Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum*.
- Bastida S, Sanchez-Muniz F, Olivero R, Perez-Olleros L, Ruiz-Roso B and Jimenez-Colmenero F (2009) "Antioxidant Activity of Carop Fruit Extracts in Cooked Pork Meat Systems During Chilled and Frozen Storage", *Food Chemistry*, 116: 748-754.
- Bektaş G (2009) Sodyum Tripolifosfatın ve Tamburlama (Tumbling) Prosesinin Döner Kebabın Oksidatif Stabilitesine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Belitz HD, Grosch W and Schieberle P (2009) *Food Chemistry*, 4th edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Billek G (2000) "Health Aspects of Thermoxidized Oils and Fats", *European Journal Lipid Science Technology*, 102, 587-593.
- Bingöl EB, Yılmaz F, Muratoğlu K and Bostan K (2013) "Effects of Vacuum Packaging on the Quality of Frozen Cooked Doner Kebab", *Turkish J of Veterinary and Animal Sciences*, 37: 712-718.
- Cemeroğlu B (2010) "Gıda Analizleri" Genişletilmiş II. Baskı, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:14, Ankara.
- Chizzolini R, Novelli E and Zanardi E (1998) "Oxidation in Traditional Mediterranean Meat Products", *Meat Science*, 49(1): 87-99.
- Chung SWC, Kwong KP, Yau JCW, Wong AMC and Xiao Y (2008) "Chloropropanols Levels in Foodstuffs Marketed in Hong Kong", *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: 569-573.
- Claeys LW, Vleeschouwer KD and Hendrickx ME (2005) "Quantifying the Formation of Carcinogens During Food Processing: Acrylamide", *Trends in Food Science & Technology*, 16: 181-193.
- Crews C, Chiodini A, Granvogl M, Hamlet C, Hrnčirik K, Kuhlmann J, Lampen A, Scholz G, Weisshaar R, Wenzl T, Jasti PR and Seefelder W (2013) "Analytical Approaches for MCPD Esters And Glycidyl Esters in Food and Biological Samples: A Review and Future Perspectives", *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30(1): 11-45.
- Crews C, Hough P, Brereton P, Harvey D, MacArthur R, Matthews W (2002) "Survey of 3-Monochloropropane-1,2diol (3-MCPD) in Selected Food Groups, 1999-2000", *Food Additives & Contaminants*, 19(1): 22-27.

- Çağdaş E (2011) Tavuk Etlerinin Üzüm Çekirdeği Tozu Katkılı Kaplama Harcıyla Kaplanarak Pişirilmesi İşleminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Daşkın H ve Yıldız E (2014) “Acrylamide and Health”, *Journal of Nutrition and Dietetics*, 42(3): 228-33.
- DGF Standard method C-IV 18 (2011) “Fatty-Acid-Bound 3-Chloropropane-1,2 Diol (3-MCPD) and 2,3 Epoxi-Propane-1-ol (Glycidol)”, *Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft: Stugart, Germany.
- Demirci M (2015) İstanbul Piyasasında Farklı Markalarda Satışa Sunulan Tavuk Etlerinin Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demirkaya AK (2014) “Bilecik İlinde Tüketime Sunulan Kıyma ve Tavuk Etlerinde Lipid Oksidasyonu”, *Akademik Gıda*, 12(3): 26-29.
- Demirok E and Kolsarıcı N (2014) “Effect of Green Tea Extract and Microwave Pre-Cooking on the Formation of Acrylamide in Fried Chicken Drumsticks and Chicken Wings”, *Food Research International, Part C*, 63: 290-298.
- Demirok E, Kolsarıcı N, Akoğlu IT and Özden E (2011) “Effect the Effects of Tumbling and Sodium Tripolyphosphate on the Proteins of Döner”, *Meat Science*, 89: 154–159
- Ergönül B ve Kundakçı A (2006a) “Chemical Composition of Raw and Cooked Turkey Meat Döner”, *Food Control*, 14: 469–474.
- Ergönül B ve Kundakçı A (2006b) “Kanatlı Eti Dönerlerinin Üretimi, Depolanması ve Tavuk Dönerlerinin Dondurarak Depolama Sırasındaki Kalite Değişimleri”, *Gıda Dergisi*, 31 (1): 29-34.
- Ergönül B, Tosun H, Obuz E and Kundakçı A (2012) “Several Quality Attributes of Beef and Tukey Meat Döner Kebabs Produced by Traditional or Continous Process”, *Journal Food Science Technology*, 49(8): 515-518.
- Ergezer H, Gökçe R, Hozer Ş ve Akcan T (2016) “Et ve Ürünlerinde Protein Oksidasyonu: Etki Mekanizması, Tespit Yöntemleri ve Etkileri”, *Akademik Gıda* 14(1): 54-60.
- Ertaş AH (1983) “Pigmentler ve Et Rengi” *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6: 265-273.
- Faustman C, Sun Q, Mancini R and Suman SP (2010) “Myoglobin and Lipid Oxidation Interactions: Mechanistic Bases and Control”, *Meat Science*, 86: 86–94.

- Fernandez J, Perez-Alvarez JA and Fernandez-Lopez JA (1997) “Thiobarbituric Acid Test for Monitoring Lipid Oxidation in Meat” *Food Chemistry*, 59(3): 345-353.
- FIL-IDF International Dairy Federation (1991), International IDF Standart 4A, Brussels, Belgium.
- Flaczyk E, Rudzinska M, Wasowicz E, Korczak J and Amarowicz R (2006) “Effect of Cracklings Hydrolysates on Oxidative Stability of Pork Meatballs Fat”, *Food Research International*, 39(8): 924-931.
- Folch J, Lees M and Stanley S (1957) “A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids from Animal Tissues”, *Journal of Biological Chemistry*, 226: 497–509.
- Gertz C (2001) “Determination of Polymerized (Dimeric and Oligomeric) Triglycerides Content at Low Level”, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103: 181-184.
- Gibbs RA, Rymer C and Givens DI (2013) “Fatty Acid Composition of Cooked Chicken Meat and Chicken Meat Products as Influenced by Price Range at Retail”, *Food Chemistry*, 138: 1749–1756.
- Gonulalan Z, Yetim H and Kose A (2004) “Quality Characteristics of Döner Kebap Made from Sucuk Dough Which is A Dry Fermented Turkish Sausage”, *Meat Science*, 67: 669-674.
- Gökmen V, Morales FJ, Ataç B, Serpen A and Arribas-Lorenzo G (2009) “Multiple-Stage Extraction Strategy for the Determination of Acrylamide in Foods”, *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 142–147.
- Gökmen V and Şenyuva HZ (2007) “Acrylamide Formation is Prevented by Divalent Cations During the Maillard Reaction” *Food Chemistry*, 103: 196-203.
- Gray JI, Gomaa EA and Buckley DJ (1996) “Oxidative Quality and Shelf Life of Meats”, *Meat Science*, 43: 111-123.
- Hamlet CG, Asuncion L, Velisek J, Dolezal M, Zelinkova Z and Crews C (2011) “Formation and Occurrence of Esters of 3-Chloropropane-1,2diol (3-CPD) in Foods: What We Know and What We Assume”, *European Journal Lipid Science Technology*, 113: 279–303.
- Hamlet CG, Jayaratne SM and Matthews W (2002) “3-Monochloropropane-1,2-Diol (3-MCPD) in Food Ingredients from UK Food Producers and Ingredient Suppliers”, *Food Additives and Contaminants*, 19(1): 15-21.
- Hori K, Koriyama N, Omori H, Kuriyama M, Arishima T and Tsumura K (2012) “Simultaneous Determination of 3-MCPD Fatty Acid Esters and Glycidol Fatty Acid Esters in Edible Oils Using Liquid Chromatography Time-of-Flight Mass Spectrometry”, *LWT- Food Science Technology*, 48: 204-208.

- Huber GM, Rupasinghe HPV and Shahidi F (2009) "Inhibition of Oxidation of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Fish Oil by Quercetin Glycosides", *Food Chemistry*, 117 (2): 290-295.
- Hunt MC, Sorheim O and Slinde E (2008) "Color and Heat Denaturation of Myoglobin Forms in Ground Beef" *Journal of Food Science*, 64(5): 847-851.
- IARC (1994) "Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Some Industrial Chemicals", Lyon, France, 60: 389-433.
- İbik R (2007) Sığır ve Tavuk Etlerinden Baharatlı Kavrurma Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Jira W (2010) "3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in Smoked Meat Products: Investigation of Contents and Estimation of the Uptake by the Consumption of Smoked Meat Products", *Fleischwirtschaft*, 90(8): 115-118.
- Juarez M, Failla S, Ficco A, Pena F, Aviles C and Polvillo O (2010) "Buffalo Meat Composition as Affected by Different Cooking Methods", *Food and Bioprocess Technology*, 88: 145-148.
- Juntachote T, Berghofer E, Siebenhandl S and Bauer F (2006) "The Oxidative Properties of Holy Basil and Galangal in Cooked Ground Pork", *Meat Science*, 72: 446-456.
- Kaplan O, Kaya G, Özcan C, İnce M and Yaman M (2009) "Acrylamide Concentrations in Grilled Foodstuffs of Turkish Kitchen by High Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry", *Microchemical Journal*, 93(2): 173-179.
- Karabulut M ve Yemişçioğlu F (2012) "Rafine Bitkisel Yağlarda 3-MCPD", *Gıda Yem ve Analiz* (35), T.C. Gıda Tarım Hayvancılık Bakanlığı, İzmir Gıda Laboratuvar Müdürlüğü, 8-10.
- Karagöz A (2009) "Akrilamid ve Gıdalarda Bulunuşu", *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 8(2): 187-192.
- Karl H, Merkle S, Kuhlmann J and Fritsche J (2015) "Development of Analytical Methods for the Determination of Free and Ester Bound 2 - , 3 - MCPD and Esterified Glycidol in Fishery Products", *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(3): 406-417.
- Kavuşan HS ve Serdaroğlu M (2019) "As a Thermal Process Contaminant Acrylamide: Formation Mechanisms and Strategies of Reducing Acrylamide Content in Meat Products", *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(2): 173-185.

- Kayaardi S, Kundakci A, Kayacier A and Gok V (2005) "Sensory and Chemical Analysis of Döner Kebab Made from Turkey Meat", *Journal of Muscle Foods*, 17: 165-173.
- Kayahan M (1998) "Gıda Kimyası", Bölüm 3, Lipidler, Edit: Saldamlı İ, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 107-181, Ankara.
- Kayıoğlu S (1996) Tekirdağ İlinde Tüketime Sunulan Kırmızı Et ve Tavuk Eti Dönerlerinin Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerinin İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Kayıoğlu S, Yılmaz İ, Demirci M and Yetim H (2003) "Chemical Composition and Microbiological Quality of the Doner Kebabs Sold in Tekirdağ Market", *Food Control* 14: 469-474.
- Kesava RV, Kowale BN, Babu NP and Bisht GS (1996) "Effect of Cooking and Storage on Lipid Oxidation and Development of Cholesterol Oxidation Products in Water Buffalo Meat", *Meat Science*, 43: 179-185.
- Kılıç B (2003) "Effect of Microbial Transglutaminase and Sodium Caseinate on Quality of Chicken Doner Kebab" *Meat Science*, 63(3): 417-421.
- Kılıç B (2009) "Current Trends in Traditional Turkish Meat Products and Cuisine", *Food Science and Technology*, 42: 1581-1589.
- Kılıç B and Richards MP (2003) "Lipid Oxidation in Poultry Döner Kebab: Pro-Oxidative and Anti-Oxidative Factors", *Journal of Food Science*, 68(2): 686-689.
- Koca N ve Karadeniz F (2003) "Serbest Radikal Oluşum Mekanizmaları ve Vücuttaki Antioksidan Savunma Sistemleri", *Gıda Mühendisleri Dergisi*, 16:32-37.
- Köseoğlu İE (2014) Çeşitli Et Ürünlerinde Üretim Aşamalarının Yağ Asidi Bileşimi Ve Yağ Oksidasyonu Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Mariutti LRB and Bragagnolo N (2017) "Influence of Salt on Lipid Oxidation in Meat and Seafood Products: A review", *Food Research International*, 94: 90-100.
- Matthaus B, Pudiel F, Fehling P, Vosmann K and Freudenstein A (2011) "Strategies for the Reduction of 3 - MCPD Esters and Related Compounds in Vegetable Oils", *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(3): 380-386.
- Michalak J, Gujska E, Czarnowska-Kujawska M and Nowak F (2017) "Effect of Different Home-Cooking Methods on Acrylamide Formation in Pre-Prepared Croquettes", *Journal of Food Composition and Analysis*, 56: 134-139.

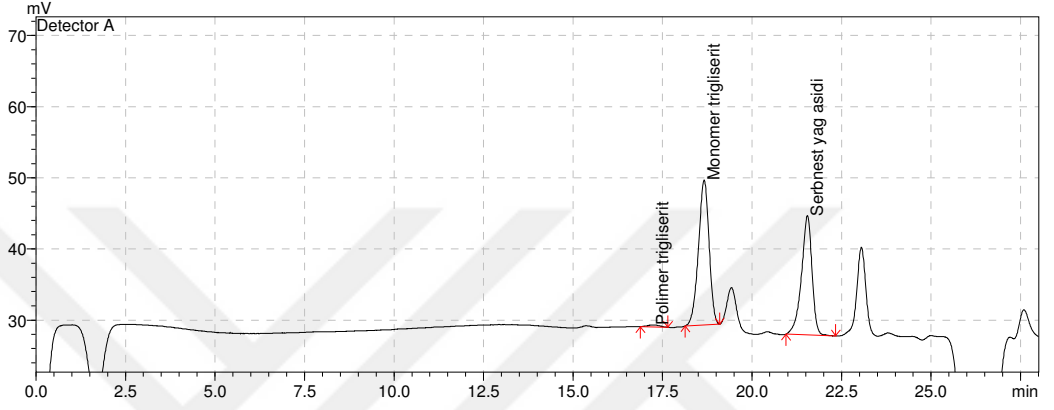
- Min B and Ahn DU (2005) "Mechanism of Lipid Peroxidation in Meat and Meat Products -A Review", *Food Science Biotechnology*, 14(1):152-163.
- Mogol BA, Pye C, Anderson W, Crews C and Gökmen V (2014) "Formation of Monochloropropane1,2-Diol and Its Esters in Biscuits During Baking", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(29):7297-301.
- Mogol BA and Gokmen V (2016) "Effect of Chitosan on the Formation of Acrylamide and Hydroxymethylfurfural in Model, Biscuit and Crust Systems", *Food and Function*, 7: 3431-3436.
- Mutlu MM (2004) *Deri Finisaj Reçetelerinin Bilgisayar ve Spektrofotometrik Yöntemler Yardımı ile Hazırlanması ve Optimizasyonu Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.*
- Oruç HH, Cengiz M ve Kalkanlı Ö (2005) "Piliç Etlerinde Lipid Oksidasyonu Sonucu Oluşan Monoaldehit (MA) Konsantrasyonları", *Uludağ Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 24: 1-2-3-4, 7-9.
- Özdikicierler O (2016) *Zeytinyağı ve Pirina Yağında 3-MCPD Oluşumu Üzerine Su Buharı Distilasyon Koşullarının Etkisi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.*
- Özünlü O, Ergezer H ve Gökçe R (2018) "Improving Physicochemical, Antioxidative and Sensory Quality of Raw Chicken Meat by Using Acorn Extracts", *LWT - Food Science and Technology*, 98: 477-484.
- Ramos FA, Pro-Martínez A, Sosa-Montes E, Cuca-García JM, Becerril-Pérez C, Figueroa-Velasco JL, Ruiz-Feria CA, Hernández-Cázares AS and Narciso-Gaytán C (2013) "Dietary Supplemented and Meat-Added Antioxidants Effect on the Lipid Oxidative Stability of Refrigerated and Frozen Cooked Chicken Meat", *Poultry Science*, 92: 243–249.
- Ross CF and Smith DM (2006) "Use of Volatiles as Indicators of Lipid Oxidation in Muscle Foods", *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(1):18-25.
- Sahasrabudhe MR, Delorme NF, Wood DF and Randall CJ (1985) "Neutral and Polar Lipids in Chicken Parts and Their Fatty Acid Composition", *Poultry Science*, 64(5): 910-916.
- Sahasrabudhe MR and Smallbone BW (1983) "Comparative Evaluation of Solvent Extraction Methods for the Determination of Neutral and Polar Lipids in Beef", *Journal of the American Oil Chemists' Society (JAOCS)*, 60 (4): 801–805.
- Sampaio GR, Saldanha T, Soares RAM and Torres EAFS (2012) "Effect of Natural Antioxidant Combinations on Lipid Oxidation in Cooked Chicken Meat During Refrigerated Storage", *Food Chemistry*, 132: 138-1390.

- Sarıca M ve Yamak US (2010) “Yavaş Gelişen Etlik Piliçlerin Özellikleri ve Geliştirilmesi”, Anadolu Tarım Bilim Dergisi, 25(1): 61-67.
- Sayago-Ayerdi SG, Brenes A and Gon I (2009) “Effect of Grape Antioxidant Dietary Fiber on the Lipid Oxidation of Raw and Cooked Chicken Hamburgers”, LWT - Food Science and Technology 42: 971–976.
- Schallschmidt K, Hitzel A, Pöhlmann M, Schwagele F, Speer K and Jira W (2012) “Determination of 3-MCPD in Grilled Meat Using Pressurized Liquid Extraction and Gas Chromatography–High Resolution Mass Spectrometry”, Journal für Verbraucherschutz and Lebensmittelsicherheit, 7: 203–210.
- Soncu Demirok E (2014) Kaplamalı Tavuk Ürünlerinde Kızartma Sırasında Akrilamid Oluşumunun İncelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Soncu-Demirok E, Haskaraca G and Kolsarıcı N (2018) “Presence of Acrylamide and Heterocyclic Aromatic Amines in Breaded Chicken Meat Products and Dietary Exposure of Turkish Population from Ankara Based on the Food Frequency Questionnaire Study”, European Food Research and Technology, 244(3): 501–511.
- Strijowski U, Heinz V and Franke K (2011) “Removal of 3 - MCPD Esters and Related Substances after Refining by Adsorbent Material”, European Journal of Lipid Science and Technology, 113(3): 387-392.
- Suman SP and Joseph P (2013) “Myoglobin Chemistry and Meat Color”, Annual Review of Food Science and Technology, 4: 79–99.
- Şekeroğlu A ve Diktaş M (2012) “Yavaş Gelişen Etlik Piliçlerin Karkas Özelliklerine ve Et Kalitesine Serbest Yetiştirme Sisteminin Etkisi”, Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 18 (6): 1007-1013.
- Şimşek A ve Kılıç B (2013) “Effects of Marination, Cooking and Storage on Physico-Chemical and Microbiological Properties of Ready to Eat Trout Doner Kebab”, Journal für Verbraucherschutz and Lebensmittelsicherheit, 8: 165–174.
- Şimşek A ve Kılıç B (2016) “Physicochemical and Microbiological Assessment of Ready-to-Eat Tuna Döner Kebab During Marination, Cooking, and Different Storage Conditions”, Journal of Aquatic Food Product Technology, 25(3): 423–433.
- Şişlioğlu K (2012) Isıl İşlem Gören Bazı Et Ürünlerinin Lipit Fraksiyonlarında Meydana Gelen Bazı Değişimlerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Tarladgis BG, Watts BM and Yonathan M (1960) “Distillation Method for the Determination of Malonaldehyde in Rancid Foods”, Journal of American Oil Chemistry Society, 37(1): 44–48.

- Taşçı F (2017) “Etlerde Meydana Gelen Renk Değişikliği”, *Ayrıntı Dergisi*, 4(47).
- TGK, T.C. Resmi Gazete, Türk Gıda Kodeksi, Et ve Et Ürünleri Tebliği (28488), 05.12.2012, 74.
- Toschi TG, Bendini A, Ricci A and Lercker G (2003) “Pressurized Solvent Extraction of Total Lipids in Poultry Meat”, *Food Chemistry*, 83: 551-555.
- Velisek J, Davidek J, Kubelka V, Janicek G, Svobodova Z and Simicova Z (1980) “New Chlorine-Containing Organic Compounds in Protein Hydrolysates”, *Journal Agricultural Food Chemistry*, 28: 1142-1144.
- Visessanguan W, Benjakul S, Riebroy S, Yarchai M and Tapingkae W (2004) “Changes in Lipid Composition and Fatty Acid Profile of Nham, A Thai Fermented Pork Sausage During Fermentation”, *Food Chemistry*, 94: 580-588.
- Weber J, Bochi VC, Ribeiro CP, Victorio AM and Emanuelli T (2008) “Effect of Different Cooking Methods on the Oxidation, Proximate and Fatty Acid Composition of Silver Catfish (*Rhamdia Quelen*) Fillets”, *Food Chemistry*, 106: 140-146.
- Weißhaar R (2008) “3-MCPD-Esters in Edible Fats and Oils – A New and Worldwide Problem”, *European Journal Lipid Science Technology*, 110: 671-672.
- Weißhaar R (2011) “Fatty Acid Esters of 3-MCPD: Overview of Occurrence and Exposure Estimates”, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113: 304-308.
- Wong YH, Lai OM, Abas F, Nyam KL, Nehdi IA, Muhamad H and Tan CP (2017) “Factors Impacting the Formation of 3-MCPD Esters and Glycidyl Esters During Deep Fat Frying of Chicken Breast Meat”, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 94: 759–765.
- Yaşdağ T ve Tekin A (2017) “Ayçiçek ve Pirina Yağlarının Kızartma Stabilitelerinin Karşılaştırılması”, *Gıda*, 42(2): 105-115.
- Yıldırım A ve Yorulmaz A (2017), “The Analysis Methods of 3 Monochloropropane-1,2-Diol and Glycidyl Esters in Foods, Mitigation Studies, and Current Developments about Their Effects on Health”, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(12): 1497-1507.
- Zhang L, Lin YH, Leng XJ, Huang M and Zhou GH (2013) “Effect of Sage (*Salvia Officinalis*) on the Oxidative Stability of Chinese-Style Sausage During Refrigerated Storage” *Meat Science*, 95: 145-150.

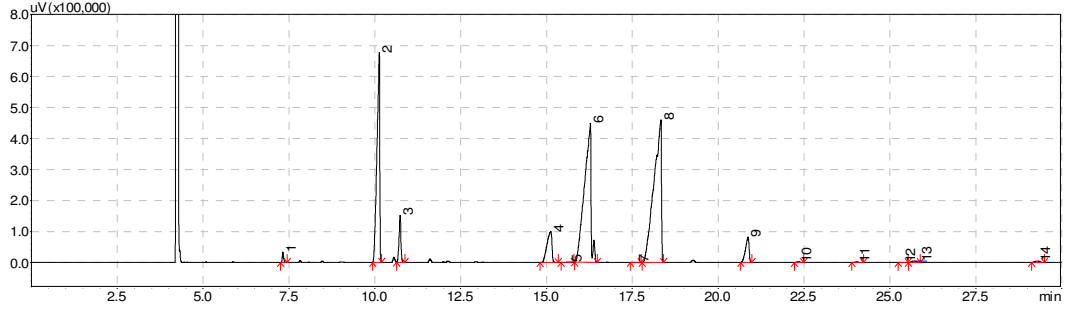
7. EKLER

EK A Polimer Trigliserit Analizi Örnek Kromatogramı

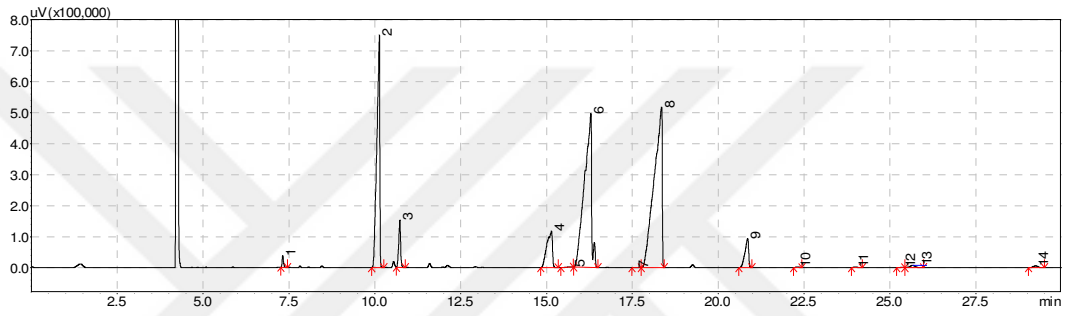


Şekil A.1. D2 kodlu dönerin pişirmenin 4. saatinde alınan örneğine ait polimer trigliserit analiz kromatogramı.

EK B Yağ Asidi Bileşimi Örnek Kromatogramları



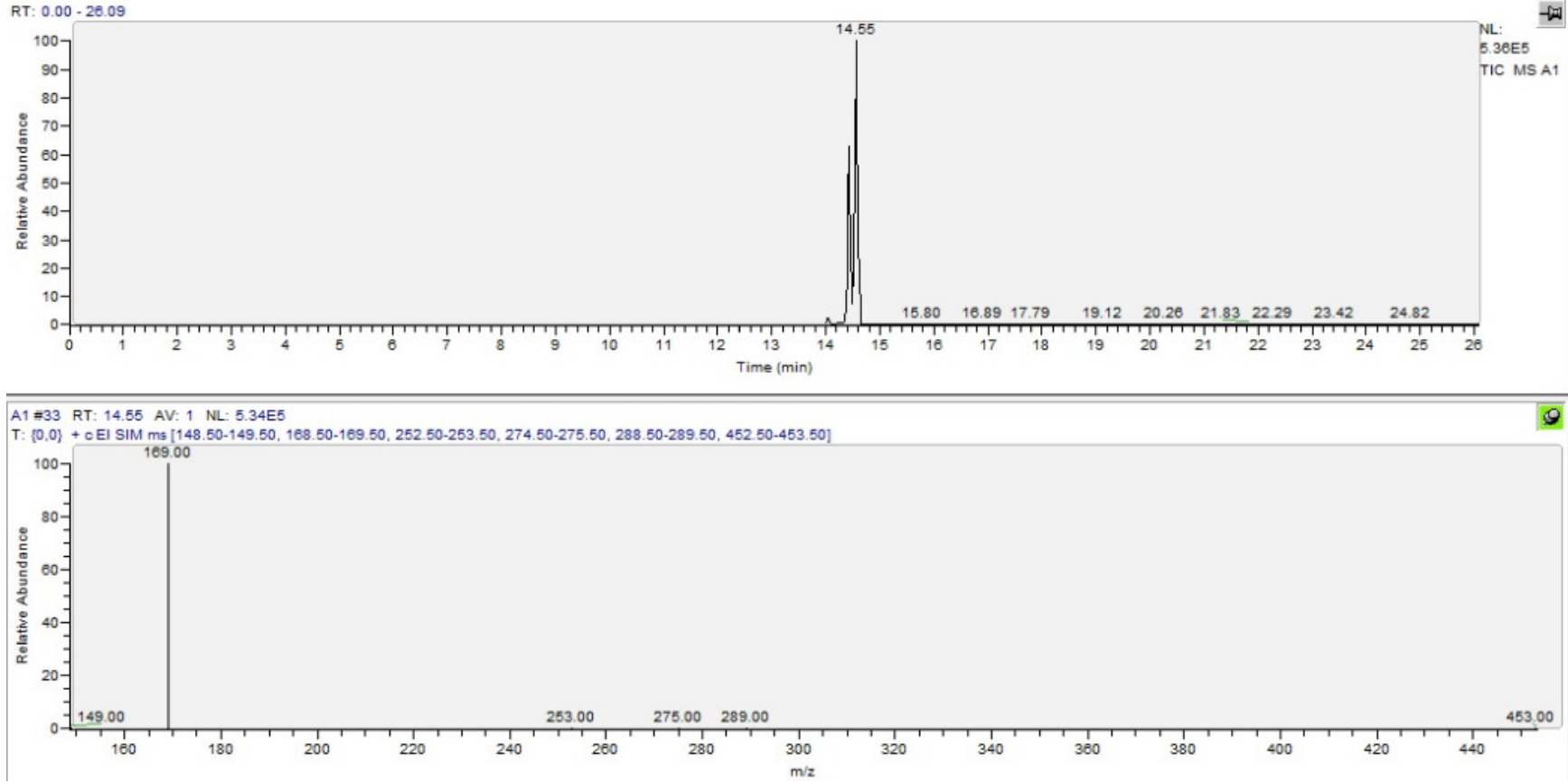
Şekil B.1. D1 kodlu dönerin çiğ örneğine ait yağ asidi metil esterleri kromatogramı.



Şekil B.2. D1 kodlu dönerin pişirmenin 6. saatinde alınan örneğine ait yağ asidi metil esterleri kromatogramı.

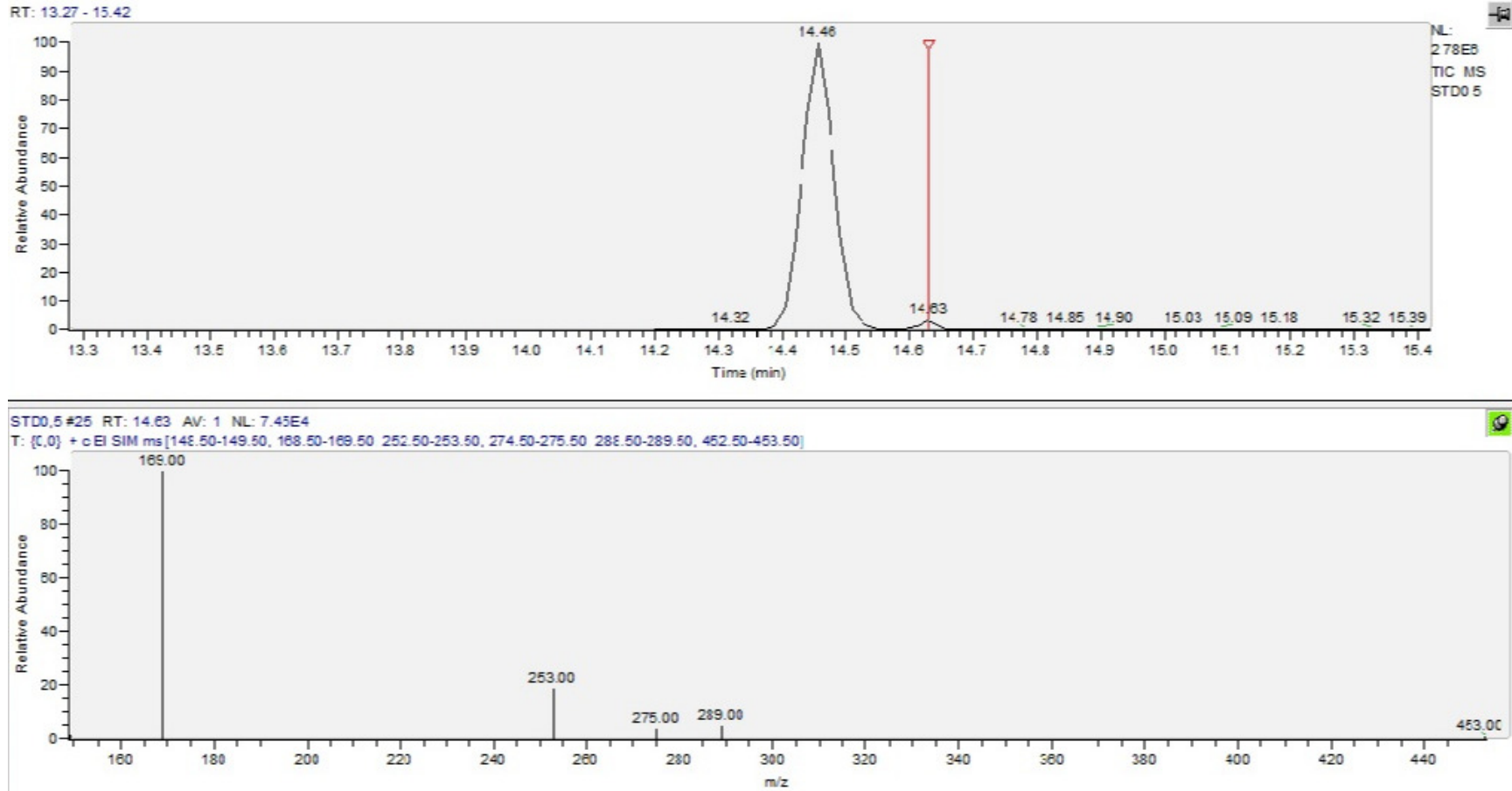
1, C14:0; 2, C16:0; 3, C16:1; 4, C18:0; 5, C18:1tr; 6, C18:1c; 7, Σ C18:2tr; 8, C18:2c(n6); 9, C18:3(n3); 10, C20:0; 11, C20:1; 12, C21:0; 13, C20:2; 14, C22:1

EK C MCPD Analizi Örnek Kromatogramı ve Spektrumu



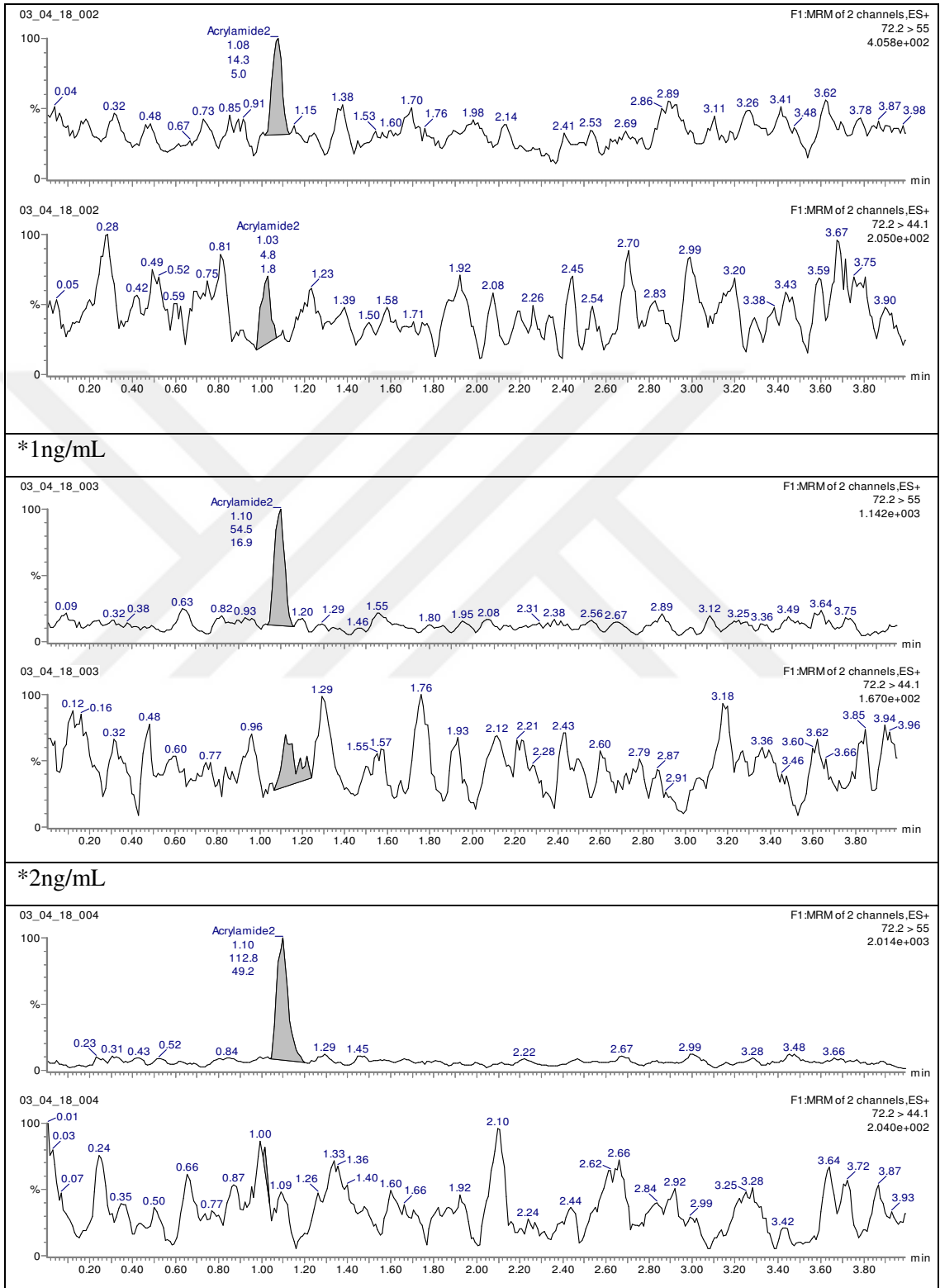
Şekil C.1. D1 kodlu dönerin çiğ örneğine ait MCPD analiz kromatogramı ve spektrumu.

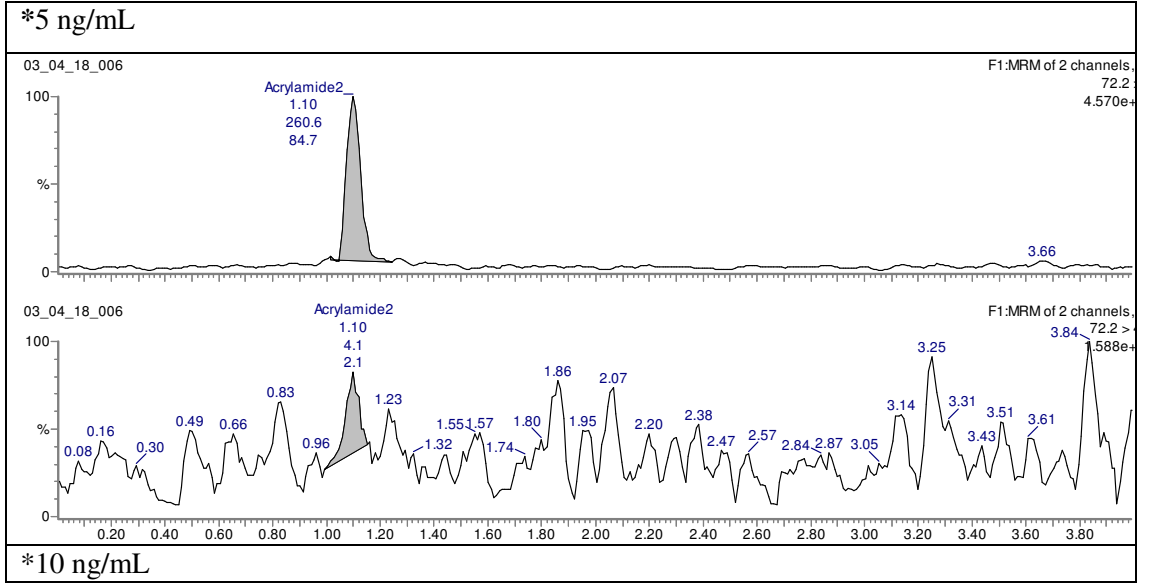
EK D MCPD Analizi Standart Kromatogramı ve Spektrumu



Şekil D.1. 3-MCPD standardına ait GC-MS kromatogramı ve spektrumu.

EK E Akrlamid Standart Kromatogramları





*Standart çözelti konsantrasyonları

Şekil E.1. Standart çözeltilerin akrilamid analiz kromatogramları.

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sevinç GÜLEN

Doğum Yeri ve Tarihi: Kıbrıscık 1989

Lisans Üniversite : Ege Üniversitesi

Elektronik posta : sevinc.gulen@gmail.com

İletişim Adresi : Yenigün Mah. Gültekin Sk. No:13/3 Adapazarı/SAKARYA

Yayın Listesi : Gülen, S., Turan, S., Kiralan, M., Pişirme Sırasında Tavuk Dönerin Lipit Fraksiyonundaki Değişim, 5. Uluslararası Beyaz Et Kongresi, 24-28 Nisan 2019, Antalya (Poster bildirisi)

Projeler : Pişirme İşlemi Sırasında Tavuk Dönerin Lipit Fraksiyonunda Meydana Gelen Bazı Değişimlerin İncelenmesi, B.A.İ.B.Ü. Bilimsel Araştırmalar Birimi, Proje No: 2018.09.04.1273, Araştırmacı, 2018-2019.