

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUK
FORMÜLASYONUNDA YER FISTIĞI YAĞI VE
KETEN TOHUMU YAĞI KULLANILARAK
HAZIRLANAN O/W JEL EMÜLSİYONLARININ
(SOĞUK JELLEŞME) YAĞ GİRDİSİ OLARAK
KULLANIMININ ÜRÜN KALİTESİNE ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Gamze İPEK

Tez Danışmanı: Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 25.01.2019

Bornova-İZMİR

2019

Gamze İPEK tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUK FORMÜLASYONUNDA YER FISTIĞI YAĞI VE KETEN TOHUMU YAĞI KULLANILARAK HAZIRLANAN O/W JEL EMÜLSİYONLARININ (SOĞUK JELLEŞME) YAĞ GİRDİSİ OLARAK KULLANIMININ ÜRÜN KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesinin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 25/01/2019 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

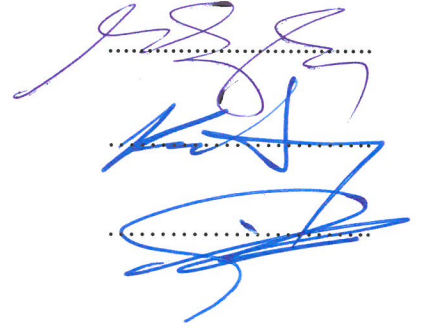
Jüri üyeleri

Jüri Başkanı : Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU

Raportör Üye : Prof. Dr. Semra KAYAARDI

Üye : Prof. Dr. Semih ÖTLEŞ

İmza



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Isıl İşlem Görmüş Sucuk Formülasyonunda Yer fıstığı Yağı ve Keten Tohumu Yağı Kullanılarak Hazırlanan O/W Jel Emülsiyonlarının (Soğuk Jelleşme) Yağ Girdisi Olarak Kullanımının Ürün Kalitesine Etkilerinin Araştırılması” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

25 /01/ 2019

Gamze İPEK

ÖZET

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUK FORMÜLASYONUNDA YER FISTIĞI YAĞI VE KETEN TOHUMU YAĞI KULLANILARAK HAZIRLANAN O/W JEL EMÜLSİYONLARININ (SOĞUK JELLEŞME) YAĞ GİRDİSİ OLARAK KULLANIMININ ÜRÜN KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

İPEK, Gamze

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU

Ocak 2019, 102 sayfa

Bu çalışmada yer fıstığı yağı (YFY) ve keten tohumu yağı (KTY) ile hazırlanan su içinde yağ (O/W) soğuk jel emülsiyonunun (JE) ısıtılma işlemi görmüş sucuk formülasyonunda yağ kaynağı olarak kullanılmasının ürün kalitesine ve oksidatif stabilitesine olan etkileri araştırılmıştır. Yağ girdisi olarak %20 sığır et yağı (K1) ve %10 sığır et yağı (K2) kontrol, %10 JE (JE1) ve %20 JE (JE2) içeren jel emülsiyon olmak üzere dört farklı sucuk formülasyonu hazırlanmıştır.

Araştırma sonucunda sucuk formülasyonlarında JE kullanımının örneklerin pH ve asitlik değerlerini artırdığı, su aktivitesini azalttığı tespit edilmiştir. JE ilavesi sucuk örneklerinin doku parametreleri üzerinde anlamlı farklılıklar oluşturmuştur. Emülsiyon gruplarında daha düşük L* değerleri ve daha yüksek a* değerleri gözlenmiştir. En yüksek okside lezzet %20 JE kullanılan örneklerde hissedilmiştir. Deneme gruplarının duyusal kalitesi okside lezzet karakteri dışında benzer bulunmuştur. JE kullanımı oksidasyon değerlerini etkilemiştir. Emülsiyon gruplarında hamur TBARS değerleri daha düşük tespit edilmişken, peroksit değerleri depolama periyodu boyunca daha yüksek bulgulanmıştır. Yer fıstığı yağı ve keten tohumu yağı ile hazırlanan JE'nin, sucuk formülasyonunda sağlıklı yağ kaynağı olarak kullanılmasının mümkün olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: ısıtılma işlemi görmüş sucuk, lipid oksidasyonu, jel emülsiyon, keten tohumu yağı, yer fıstığı yağı

ABSTRACT

THE EFFECTS OF USING O/W GEL EMULSION (COLD GELATION) FORMULATED WITH PEANUT AND FLAXSEED OILS AS FAT REPLACEMENT ON QUALITY PARAMETERS HEAT OF TREATED FERMENTED SAUSAGE (SUCUK)

İPEK, Gamze

MSc in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU

January 2019, 102 pages

The present study was aimed to investigate the effects of using oil in water (O/W) cold gel emulsions (JE) prepared by flaxseed oil (YFY) and peanut oil (KTY) as fat source on the quality and oxidation stability of the heat treated sucuks. It was designed four sucuk formulations include control prepared with 20% beef fat and 10% beef fat and JE prepared with 10% JE and 20% JE.

Results showed that, using JE in sucuk formulations increased pH and acidity values of the samples, while decreased aw. The addition of JE had significant effect on texture parameters of the sucuk samples. In the emulsion groups, lower L * values and higher a * values were observed. TBARS values were lower in sucuk dough, while peroxide values were higher during the storage period in emulsion groups. 20% JE resulted an increament in peroxide and TBARS values. Sensory properties were found similar except rancid taste. The overall acceptability of the experimental groups were found similar. it was determined that the usage of O/W JE has affected the oxidation values. JE prepared with peanut oil and linseed oil have potential to be used as fat source in sucuk formulation.

Keywords: heat treated fermented sausage, lipid oxidation, gelled emulsion, flaxseed oil, peanut oil

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim süresince her konuda desteğini ve ilgisi hissettiğim, bilimin ışığında tecrübelerini büyük bir istekle paylaşan değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Meltem SERDAROĞLU'na,

tez çalışmamın üretim, analiz ve raporlama aşamalarında büyük emeği geçen çalışma arkadaşım Gıda Yüksek Müh. Hülya Serpil KAVUŞAN'a, yardımlarından dolayı Ar. Gör. Dr. Burcu ÖZTÜRK, Ar. Gör. Berker NACAK ve Gıda Yüksek Müh. Merve KARABIYIKOĞLU'na,

tez çalışmam için gerekli koşulları sağlayan Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği öğretim görevlilerine ve teknik çalışanlarına,

tez çalışmam süresince anlayışları ve hoşgörülerini ile moral desteğini eksik etmeyen sevgili dostlarıma,

ve eğitim hayatımın her anında ve her koşulunda en büyük destekçim olan çok kıymetli eşsiz aileme yürekten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 1001-Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir (Proje No:116-O-506). Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	6
2.1. Fermente Et Ürünleri	6
2.2. Fermente Et Ürünlerinde Fermantasyon ve Olgunlaştırma Sırasında Meydana Gelen Değişimler.....	9
2.3. Lipid Oksidasyonu ve Aşamaları	12
2.4. Fermente Et Ürünlerinde Lipid Oksidasyonu.....	13
2.5. Fermente Et Ürünleri Formülasyonları Geliştirilmesinde Uygulanan Yenilikçi Stratejiler.....	15
2.5.1. Yağın Azaltılması ve Yağ Asitlerinin Modifikasyonu	15
2.5.2. Et Ürünlerinde Bitkisel Yağların Jel Emülsiyon Formunda Kullanılması ..	17

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
3. MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1. Materyal.....	26
3.1.1. Deneme Deseni.....	26
3.1.2. Soğuk Jelleşme Yöntemiyle O/W Jel Emülsiyon Hazırlanması	27
3.1.3. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretimi.....	30
3.2. Yöntem	32
3.2.1. Kimyasal Kompozisyon	33
3.2.2. pH.....	34
3.2.3. Su Aktivitesi.....	34
3.2.4. Toplam Asitlik Tayini	34
3.2.5. Serbest Yağ Asitliği.....	34
3.2.6. Santrifüj Stabilesi.....	35
3.2.7. Termal Stabilesite	35
3.2.8. Ortalama Damlacık Çapı	35
3.2.9. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	36
3.2.10. Peroksit.....	36
3.2.11. Tiyoarbütirik Asit Reaktifleri (TBARS)	37

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
3.2.12. Renk (Hunter L*, a*, b*) Ölçümü.....	37
3.2.13. Doku Profil Analizi (TPA).....	37
3.2.14. Duyusal Değerlendirme.....	38
3.2.15. İstatistiksel Değerlendirme.....	38
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	39
4.1. Jel Emülsiyona Ait Analiz Sonuçları	39
4.2. Sucuk Hamuru Analiz Sonuçları	40
4.2.1. Kimyasal Kompozisyon	40
4.2.2. pH.....	42
4.2.3. Su Aktivitesi (a_w).....	44
4.2.4. Toplam asitlik.....	45
4.2.5. Serbest Yağ Asitliği.....	46
4.2.6. Peroksit.....	47
4.2.7. TBARS.....	48
4.3. Son Ürün Analizleri Sonuçları	50
4.3.1. Kimyasal Kompozisyon	50
4.3.2. pH.....	52

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
4.3.3. Su Aktivitesi (a_w).....	54
4.3.4. Toplam Asitlik.....	55
4.3.5. Serbest Yağ Asitliği.....	56
4.3.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	57
4.3.7. Doku Profil Analizi (TPA)	59
4.3.8. Renk.....	62
4.3.9. Duyusal Analiz	66
4.4. Depolama Analiz Sonuçları.....	68
4.4.1. Peroksit.....	68
4.4.2. TBARS.....	71
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	74
6. GENEL DEĞERENDİRME	75
KAYNAKLAR DİZİNİ	76
ÖZGEÇMİŞ	102
EKLER.....	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Glikolizin ana basamakları (Toldrá et al., 2001).....	10
2.2 Proteolizin ana basamakları (Toldrá et al., 2001)	11
2.3 Lipolizin ana basamakları (Toldrá et al., 2001)	12
2.4 O/W Jel Emülsiyon yapısının şematik olarak gösterimi: (a) düzensiz dağılmış yağ damlacıkları; (b) polimer ağ yapısı içerisine yerleşmiş yağ damlacıkları.	19
3.1 Isıl işlem görmüş sucuk formülasyonlarına ait deneme deseni	27
3.2 Soğuk jelleşme ile hazırlanan O/W jel emülsiyon formülasyonu	29
3.3 Soğuk jelleşme ile hazırlanan O/W jel emülsiyon akım şeması	29
3.4 Soğuk jelleşme ile hazırlanan O/W jel emülsiyonu	30
3.5 Isıl işlem görmüş sucuk üretim akım şeması.....	32
4.1 Sucuk hamurlarının peroksit (meqO ₂ /kg) değerleri.....	48
4.2 Sucuk hamurlarının TBARS (mg malonaldehit/kg örnek) değerleri	49
4.3 Isıl işlem görmüş sucukların taramalı elektron mikroskobu görüntüleri	58
4.4 Isıl işlem görmüş sucuklara ait parlaklık (L*) değerleri	63
4.5 Isıl işlem görmüş sucuklara ait kırmızılık (a*) değerleri	63
4.6 Isıl işlem görmüş sucuklara ait sarılık (b*) değerleri	64
4.7 Isıl işlem görmüş sucukların duyuşal değerlendirmelerine ait örümcek ağı grafiği	67
4.8 Isıl işlem görmüş sucukların depolama periyodu boyunca peroksit (meqO ₂ /kg örnek) değerleri	70
4.9 Isıl işlem görmüş sucukların depolama periyodu boyunca TBARS (mg malonaldehit/kg) değerleri	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Lipid oksidasyon reaksiyonları (Morrissey et al., 1998).....	12
2.2 Et ürünlerinde jel emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar	21
3.1 YFY, KTY ve ısıt işlem görmüş sucuk ön deneme örneklerinin yağ asidi kompozisyonları	28
3.2 Isıt işlem görmüş sucuklara ait formülasyon grupları (g)	31
3.3 O/W soğuk jel emülsiyonda, sucuk hamurunda, son üründe ve depolamada uygulanan analizler	33
3.4 Taramalı elektron mikroskobu analizi parametreleri	36
3.5 Pişmiş sucuk örneklerine ait duysal değerlendirme hedonik skala örneği ...	38
4.1 Emülsiyonların pH, Peroksit ve TBARS değerleri ve ortalama damlacık çapları	39
4.2 Sucuk hamuru kimyasal kompozisyon değerleri (% w/w).....	41
4.3 Sucuk hamurlarının pH değerleri	43
4.4 Sucuk hamurlarının su aktivitesi (a_w) değerleri	44
4.5 Sucuk hamurlarının toplam asitlik değerleri	45
4.6 Sucuk hamurlarının serbest yağ asitliği değerleri	46
4.7 Sucuk hamurlarının peroksit ($meqO_2/kg$) değerleri	47
4.8 Sucuk hamurlarının TBARS (mg malonaldehit/kg örnek) değerleri	48
4.9 Isıt işlem görmüş sucuklara ait kimyasal kompozisyon değerleri (% w/w)...	50
4.10 Isıt işlem görmüş sucuklara ait pH değerleri.....	52
4.11 Isıt işlem görmüş sucuklara ait su aktivitesi (a_w) değerleri	54
4.12 Isıt işlem görmüş sucuklara ait toplam asitlik değerleri.....	55
4.13 Isıt işlem görmüş sucuklara ait serbest yağ asitliği değerleri.....	56
4.14 Isıt işlem görmüş sucuklara ait doku profili analiz sonuçları.....	59
4.15 Isıt işlem görmüş sucuklara ait renk sonuçları	62
4.16 Isıt işlem görmüş sucuk örneklerinin duysal değerlendirme puanları.....	66
4.17 Isıt işlem görmüş sucuklara ait peroksit değerleri.....	69
4.18 Isıt işlem görmüş sucuklara ait TBARS (mg malonaldehit/kg örnek) değerleri.....	71

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
°C	Santigrat derece
κ	Kappa
L*	Renk aydınlık değeri
a*	Renk kırmızılık değeri
b*	Renk sarılık değeri

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
DFD	Dark firm dry (koyu sıkı kuru)
PSE	Pale soft exudative (solgun yumuşak su salan)
MTG	Mikrobiyal transglutaminaz
NaCl	Sodyum klorür
O ₂	Oksijen
sn	saniye
dk	dakika
s	saat
cm	santimetre
mm	milimetre
nm	nanometre
µm	mikrometre
ml	mililitre
mg	miligram
g	gram

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
kg	kilogram
MPa	Megapaskal
rpm	round per minute (devir/dakika)
ppm	parts per million (milyonda bir)
a_w	su aktivitesi
TBARS	tiyobarbütirik asit reaktif maddeleri
MA	malonaldehit
meq	miliekivalen
YFY	Yer fıstığı yağı
KTY	Keten tohumu yağı
O/W	Su içinde yağ emülsiyonu
JE	Jel emülsiyon

1. GİRİŞ

Toplumların bilinç düzeyi ile gıda tüketim alışkanlıkları arasında güçlü bir bağ bulunmaktadır. Sağlıklı bir toplumda sağlıklı bireylerin yetişmesi için yeterli ve dengeli beslenme temel koşuldur. Bu amaçla ihtiyaç duyulan gıdaların başında hayvansal ürünler yer almaktadır. Sağlıklı yetişkinlerin günlük alması gereken hayvansal protein miktarı yaklaşık olarak 0,83 g/kg olarak önerilmektedir (EFSA, 2012).

Et ve et ürünleri insan beslenmesinde büyük öneme sahiptir. Et ve et ürünleri yüksek biyolojik değere sahip proteinleri ve elzem aminoasitleri içermektedir. Başta demir, fosfor ve çinko olmak üzere bakır, iyot, manganez ve selenyum gibi minerallerin yanı sıra özellikle A ve B12 vitaminleri açısından zengin bir kaynaktır. Bunlara ilaveten zihinsel gelişim için önemli etkilere sahip uzun zincirli n-3 ve n-6 yağ asitlerini de bünyesinde barındırmaktadır (Öztan, 2005; Sarıçoban ve ark., 2008).

Et ve et ürünlerinin yüksek besin içeriğine sahip olması, ürünlerin kolay bozulabilmesine neden olmaktadır. Et ve et ürünlerinin raf ömrünü uzatmak ve/veya yeni ürün elde etmek amacıyla farklı uygulamalara başvurulmuştur. Et ve et ürünlerine uygulanan başlıca muhafaza yöntemleri arasında soğutma, dondurma, kurutma, ısıtma işlemi, tuzlama, tütüleme ve fermentasyon uygulamaları yer almaktadır (Franco et al., 2002). Etin muhafazasında ve işlenmesinde son zamanlarda iyonize radyasyon, yüksek hidrostatik basınç, ultraviyole, vurgulu elektriksel alan ve ultrason gibi yeni işleme tekniklerinden de yararlanılmaktadır. Bütün bu uygulamalar tek başlarına kullanılabileceği gibi yöntemler kombine olarak da kullanılmaktadır (Zhou et al. 2010; Turantaş et al., 2015).

Et ve et ürünlerinin fermente edilerek işlenmesi, bilinen en eski koruma tekniklerinden olup; fermentasyon et ürünlerinde mikrobiyolojik güvenilirliği sağlama ve raf ömrünü uzatmanın yanı sıra karakteristik özellikleri de sağlamaktadır (Kumar et al., 2017). Fermentasyon sırasında oluşan biyokimyasal, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler; karbonhidratların laktik asit bakterileri tarafından, başta laktik asit olmak üzere organik asitlere dönüşümü, protein ve yağların ise enzimatik olarak parçalanması, nitrat ve/veya nitritin, mikrobiyal

yolla indirgenmesi olarak sıralanabilir. Karbonhidratlar, proteinler ve yağlarda gerçekleşen bu parçalanmalar sayesinde fermente et ürünleri, karakteristik renk, lezzet ve tekstür kazanmakta, mikrobiyolojik güvenilirlik sağlanarak raf ömrü uzamaktadır (Karaçil and Acar Tek, 2013). Proteinlerde gerçekleşen proteoliz sonucu oluşan peptitler, serbest amino asitler, aldehydler, organik asitler ve aminler, ürünün karakteristik lezzet ve tekstürünün gelişimini sağlamaktadır (Toldrá et al., 2001).

Araştırmalar sonucu, fermente ürünlerin antimikrobiyal, antioksidan, probiyotik ve kolesterol düşürücü etkileri sayesinde insan sağlığına birçok yönden fayda sağladığı ortaya konmuştur (Farhad et al., 2010). Fermente et ürünleri, ülkemizde ve dünyada yaygın olarak tüketilmektedir. Dünya çapında farklı lezzet ve karakterlere sahip fermente et ürünleri mevcuttur. Türk tarihinde ise ilk olarak 11.yy'da koyun bağırsaklarına doldurulmuş kıyma haline getirilmiş et ve baharat karışımı olarak karşımıza çıkmaktadır (Ercoskun and Özkal, 2011). Sucuk üretiminde et kaynağı olarak çoğunlukla sığır, manda ve koyun etleri kullanılırken, son yıllarda maliyeti düşürmek ve tüketici ağını genişletmek adına tavuk ve hindi etleri de üretimde yerini almıştır. Ülkemizde önde gelen fermente et ürünü sucuktur. Sucuk, ölüm sertliğini tamamlamış etlerin kıyma haline getirilip tuz, baharat ve diğer katkı maddeleri ile karıştırılıp, doğal veya yapay kılıflara doldurulması sonrasında belirli bir sıcaklık derecesinde, bağıl nemde, hava akımında kurutulup olgunlaştırılmış fermente et ürünüdür (Ünal et al., 2018)

Son yıllarda, et endüstrisinde fermentasyon işlemi sonrasında sucuklara çoğunlukla ısıtma işlemi uygulanmaktadır. Fermentasyon süresi, geleneksel sucuk üretiminde bir haftayı bulurken, ısıtma işlemi uygulaması ile birlikte daha kısa sürede son ürün elde edilebilmektedir (Gökalep ve ark., 2004). Bu sebeple fermente et ürünü üretimi aşamasında uygulanan ısıtma işlemi, seri üretimde süreden tasarruf etmek isteyen endüstriyel sucuk üreticilerine umut vaat eden bir uygulama olmuştur. Isıtma işlemi görmüş sucuk, Türk Gıda Kodeksi (TGK, 2012)'ne göre; büyükbaş ve/veya küçükbaş hayvan etlerinin ve yağlarının veya kanatlı hayvan etleri ve yağlarının kıyılarak lezzet vericiler ile karıştırıldıktan sonra doğal veya yapay kılıflara doldurularak belirli koşullarda fermentasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak nem oranı %50'nin altına düşürülmüş, kesit yüzeyi mozaik görünümünde olan ısıtma işlemi uygulanmış et ürünü, olarak tanımlanmaktadır.

Et ürünleri yaklaşık %30-40 oramında yağ içermektedir (Ordóñez et al., 1999), yağ, et ürünlerinde görünüş, lezzet, doku, sululuk, ve ısı transferi gibi, fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri etkileyen bir girdidir (Garcia et al., 2002). Hayvansal yağ, sayılan bu fonksiyonlarının yanı sıra, yağda eriyen vitaminlerin (A, D, E, K) ve esansiyel yağ asitlerinin (linolenik ve linoleik asit) vücuda alınması bakımından diyetle olumlu etkilere sahiptir ve aynı zamanda önemli bir enerji kaynağıdır (Garcia et al., 2002). Ancak, yüksek oranda doymuş yağ ve kolesterol içeren hayvansal kaynaklı ürünlerin fazla miktarda tüketilmesi ile, yüksek tansiyon, obezite, bazı kanser türleri, kalp ve damar hastalıkları arasında yakın ilişki olduğu bilinmektedir (McNeill, 2014; Grasso et al., 2014). Dünya Sağlık Örgütü, toplam kalori ihtiyacının en çok %30'unun yağlardan, toplam enerjinin ise en çok %10'unun doymuş yağlardan karşılanması gerektiğini önermektedir. Ayrıca, günlük kolesterol alımının 300 mg'ı geçmemesi gerektiği belirtilmektedir (WHO, 2003). Bu nedenle, et ve et ürünlerinde bulunan doymuş yağların, daha fazla uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerini içeren bitkisel yağlar veya bu özelliklere sahip diğer yağlar (balık yağı vb.) ile yer değiştirilmesiyle daha sağlıklı bir ürün elde edilebilmektedir. Bitkisel yağların kolesterol içermemesi ve hayvansal yağlardan daha yüksek oranda doymamış yağ asitlerini içermesi et ürünlerinde yağ asidi modifikasyonu ve kolesterol miktarının azaltılması amacıyla kullanımlarını yaygınlaştırmaktadır (Jiménez-Colmenero et al., 2015). Bu konuda yapılan araştırmalar incelendiğinde, bitkisel kaynaklı yağlardan genellikle soya yağı (Muguerza et al., 2003), pamuk yağı (Vural, 2003), zeytinyağı (Yıldız-Turp and Serdaroglu, 2005), hidrojene bitkisel yağlar (Gökoğlu ve Yerlikaya, 2006), fındık yağı (Yıldız-Turp and Serdaroglu, 2008a), mısır yağı (Yıldız-Turp and Serdaroglu, 2008b), keten tohumu yağı (Serdaroglu et al., 2018), palm yağı ve interesterifiye hurma çekirdeği yağlarının (Özer and Kılıç, 2017) hayvansal yağ ile yer değiştirilerek kullanılması yağ asidi modifikasyonunu sağladığı ve kolesterol miktarını azalttığı belirtilmektedir.

Lipid oksidasyonu, et ve et ürünlerinde gıda kalitesini, güvenilirliğini ve raf ömrünü olumsuz etkileyen bir dizi tepkimelerle gelişmektedir. Et ve et ürünleri kompozisyonundaki doymamış yağ asitlerinin moleküler oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu lezzet olumsuz etkilenmekte, okside olmuş lipidlerin et proteinleri, karbonhidratlar ve vitaminlerle reaksiyona girmesiyle ürünün besin

değeri azalmakta; ransit tat hissedilmekte ve malonaldehitler gibi toksik bileşikler oluşabilmektedir (Kanner 1994; Fernandez et al. 2000).

Yer fıstığı (*Arachis hypogaea L.*), Leguminaseae familyasına ait tek yıllık bir kültür bitkisidir (Şahin, 2014). Yer fıstığı tohumu yaklaşık olarak %22-30 oranında protein ve %45-60 oranında yağ içermektedir (Ülger, 2010). Yer fıstığı yağı başlıca %44.8 oleik asit (C18:1), %9.5 palmitik asit (C16:0), %32 linoleik asit (C18:2), %2.8 behenik asit (C22:0), %2.2 stearik asit (C18:0) ve %1.3 erusik asit (C22:1) yağ asitlerini içermektedir (Arya et al., 2016). Yer fıstığı yağının yağ asidi profili incelendiğinde oleik, linoleik ve palmitik asitlerin baskın olduğu gözlenmektedir. Linolenik asitin iz miktarda bulunmasından dolayı yer fıstığı yağının oksidatif stabilitesi yüksektir ve çoğunlukla yemeklik ve kızartmalık yağ olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında margarin, mayonez ve salata yağı/sosu üretiminde de kullanılmaktadır. Yer fıstığı yağının kolon kanseri, prostat kanseri ve akciğer kanserine karşı inhibitör etki gösterdiği ve toplam ve LDL kolesterol seviyesini azaltarak kalp hastalıkları riskini düşdüğü rapor edilmiştir (Sanders, 2002). Yer fıstığı yağının yüksek oksidatif stabilitesi, ekonomik oluşu ve insan sağlığını olumlu yönde etkilemesi göz önünde bulundurulduğunda fermente et ürünlerinde kullanılmasını olası kılmıştır.

Keten (*Linum usitatissimum, L.*), Linaceae familyasından olup dünyanın en eski kültür bitkilerindendir. Keten, yüksek oranda yağ ve lif kaynağı olması açısından bir endüstri bitkisidir (Baytop, 1984). %40-45 oranında yağ içeren keten tohumu yağı, %7 palmitik asit (16:0), %5 stearik asit (18:0), %15 oleik asit (18:1n-9), %14 linoleik asit (18:2n-6) ve %58 α -linolenik asit (ALA; 18:3) içermektedir (Bozan and Temelli, 2008). Keten tohumu yağı n-3 yağ asitlerinden α -linolenik asidin (ALA), en zengin kaynaklarından birisidir (Bloedon et al., 2004). ALA vücutta, tümör oluşumuna inhibitör etki gösteren eikosapentaenoik asite (EPA) ve beyin gelişiminde önemli rol oynayan ve görsel fonksiyonların yerine getirilmesinde etkili olan dokosaheksaenoik asite (DHA) dönüştürülür (İşleroğlu ve Yıldırım, 2005). Keten tohumu yağı içerdiği çoklu doymamış yağ asitlerine sahip olması nedeni ile hızla oksidasyona uğrayabilmektedir. (Nykter et al., 2006). Keten tohumu yağının oksidatif stabilitesini sağlamak amacıyla emülsiyi edilerek kullanılması önerilmektedir (Liu et al., 2010).

Doymamış yağ asitlerinden özellikle linoleik asit (n-6) açısından zengin bir kaynak olan yer fıstığı yağı ve linolenik asit (n-3) açısından zengin bir kaynak olan keten tohumu yağı karışımı, beslenme ve sağlık otoriteleri tarafından önerilen n-6/n-3 oranını (FAO/WHO, 1994) sağlayacak nitelikte olduğundan eklendiği gıdaların yağ asidi profilini modifiye edebilme potansiyeli taşımaktadır. Beslenme otoriteleri tarafından sağlıklı bir diyetle n-6/n-3 oranının 5 ile 10 arasında olması gerektiği önerilmektedir.

Son zamanlarda tüketicilerin az yağlı ve daha sağlıklı gıda ürünleri tüketimine olan eğilimleri doğrultusunda yeniden formüle edilmiş, yağı azaltılmış ürün formülasyonlarının geliştirilmesi konusundaki çalışmalar hız kazanmıştır.

Bu çalışmada yer fıstığı yağı ve keten tohumu yağı kullanılarak hazırlanan soğuk jel emülsiyonların ısıtılma işlem görmüş sucuk formülasyonlarında hayvansal yağ ikamesi olarak kullanımının ürün kalitesi ve oksidasyon üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yenilikçi strateji olarak, ısıtılma işlem görmüş sucuk formülasyonlarına doymamış yağ asitlerinden özellikle linoleik asit (n-6) açısından zengin bir kaynak olan yer fıstığı yağı (YFY) ve linolenik asit (n-3) açısından zengin bir kaynak olan keten tohumu yağı (KTY), su içinde yağ (O/W) jel emülsiyonu (JE) içerisine soğuk jelleşme yöntemiyle hapsedilmiş, tek başına (%20) veya sığır et yağı (SEY) ile karıştırılarak (%10 SEY:%10 JE) kullanılmıştır. Ürünlerin emülsiyon karakteristikleri, fiziksel, kimyasal ve duyusal kalite parametreleri ve 3 aylık depolama süresi boyunca oksidatif stabiliteleri, kendi aralarında ve doğrudan yağı azaltılmış kontrol grupları arasında kıyaslanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Fermente Et Ürünleri

Fermantasyon işlemi bilinen en eski muhafaza yöntemlerinden birisidir. Fermantasyon, farklı ön işlemlerden geçirilmiş çeşitli hammaddelelerin, belirli ortam koşullarında asit oluşturan mikroorganizmaların veya enzimlerin etkisiyle glikoliz, proteoliz ve lipoliz aktivitesi sonucu gıdalarda lezzet, aroma ve tekstürün gelişmesini sağlayan ve ürünlerin raf ömrünün uzamasını mümkün kılan bir işlemdir (Yücel ve Ötüş, 1998).

Fermente gıdalar insan sağlığını birçok yönden olumlu etkilemektedir. Fermantasyon işlemi sırasında protein, vitamin, elzem amino asitler ve yağ asitleri değişime uğrar ve fermantasyon işlemi sonunda zengin lezzet, aroma ve tekstüre sahip yeni bir ürün eldesi sağlanır. Ayrıca tripsin inhibitörleri ve afla toksin gibi toksinlerin inhibisyonunda gerçekleştirilebilir. Fermantasyon işlemi, fermente gıdaların pişirme süresini kısaltarak ürünün ekonomik eldesini de sağlamaktadır (Caplice and Fitzgerald, 1999; Steinkraus, 1994).

Fermente sosisler kuru ve yarı-kuru olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Kurutulmuş fermente sosislerin su içeriği %25-45, su aktivitesi 0,90'dan daha az olup ürünler, tutsüleme ya da ısıtma işlemine tabi tutulmaksızın tüketime hazır şekilde satışa sunulabilmektedir (Caplice and Fitzgerald, 1999). Kuru fermente sosislerin pH değeri genellikle 5,5 veya daha yüksek olmaktadır. Yarı kuru fermente sosislerin su içeriği %40-50 ve su aktivitesi değeri 0,90-0,95 arasında olup tutsüleme işlemi ile birlikte 60-68°C arası sıcaklıklarda ısıtma işlemi uygulanmaktadır. Yarı-kuru ürünler yüksek asitli olup pH değerleri 5,3 veya daha düşüktür. (Toldrá et al., 2001)

Fermente sucuk Türk Gıda Kodeksi (TGK)'e göre, büyükbaş ve küçükbaş hayvan etlerinin ve yağlarının kıyılarak lezzet vericiler ile karıştırıldıktan sonra doğal veya yapay kılıflara doldurularak belirli koşullarda fermantasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak nem oranı %40 ve altına düşürülmüş, kesit yüzeyi mozaik görünümünde olan ısıtma işlemi uygulanmamış fermente et ürünü, olarak tanımlanmaktadır (TGK, 2012).

Sucukta pH değeri en yüksek 5.4 olarak belirlenmiştir. TGK'ya ısıt işlem görmüş sucukların nem oranının %50'nin altına düşürülmüş, ısıt işlem görmüş ve pH değerinin en yüksek 5.6'ya sahip olması gerektiği bildirilmektedir. Isıt işlem görmüş sucukta uygulanan ısıt işlemin; üretimde çiğ kırmızı etin kullanılması durumunda merkez sıcaklık en az 68°C, çiğ kanatlı etin kullanılması durumunda en az 72°C olacak şekilde uygulanması gerektiği belirtilmiştir (TGK, 2012).

Sucuk üretimi et, yağ ve katkıların karıştırılarak sucuk hamurunun hazırlanması, fermentasyon ve olgunlaştırma olmak üzere 3 ana basamaktan oluşmaktadır. İlk aşamada soğutulmuş et ve yağ kıyma haline getirilir. Kıyılmış et ve yağa uygun miktarlarda tuz, nitrit, baharat ve diğer bileşenler de ilave edilerek karıştırılır. Elde edilen sucuk hamuru yapay ya da doğal kılıflara hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurulur ve ardından 21°C'de %60 RH'de 2 saat dengeleme işlemine tabi tutulur (Öz et al., 2002; Gökalp ve ark., 2004). Dengeleme işlemi tamamlanan sucuklar belirli bir sıcaklık, bağıl nem ve hava hızına sahip ortamda fermente edilir. Fermentasyon koşulları, kullanılan starter kültürün özelliklerine göre değişim göstermektedir (Toldrá et al., 2001). Fermentasyon işlemi sonucunda, istenilen pH değerine ulaşmış sucuklar olgunlaştırma işlemine bırakılır. Olgunlaşma sırasında bağıl nem ve sıcaklık, ürün yüzeyinde kabuk oluşumuna neden olmayacak şekilde ayarlanır. Olgunlaşma periyodunda istenilen nem değerine ulaşmış sucuk örnekleri vakum altında paketlenir (Özkan, 2003; Ercoşkun et al., 2010).

Kaliteli bir son ürün elde etmek için gerekli olan ilk adım kaliteli hammadde seçimidir. Sucuk üretiminde kullanılan etin, yüksek myoglobin içeriğine sahip, ölüm sertliği evresini tamamlamış, mikrobiyal yükü düşük, 5.4-5.8 pH aralığında ve -5 ila 0°C arası sıcaklıkta olması gerekmektedir (Heperkan ve Sözen, 1988). Uygun pH'ya sahip olmayan etler ile üretilen sucuğun olgunlaşma ve kurutma aşamaları sırasında bazı problemler meydana gelebilmekte ve mikrobiyolojik bozulmalar söz konusu olabilmektedir. Düşük pH değerine sahip PSE (soluk, yumuşak ve sulu) etin, su tutma kapasitesi düşük olduğundan olgunlaştırma sırasında fazla su kaybederek kuruma kusurları meydana gelmektedir. Yüksek pH değerine sahip DFD (kuru, sıkı ve koyu) etler ise bozulmaya daha yatkın olup ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir (Lücke, 2000a).

Fermente et ürünlerinde lezzet gelişimi ve mikrobiyal güvenliğin sağlanmasında temel katkı maddelerinden birisi de tuzdur (NaCl). Tuz, et ürünlerinde ağırlıkça %2-3 oranlarında kullanılarak olgunlaşma süresince biyokimyasal ve enzimatik reaksiyonları etkileyerek miyofibriller proteinlerin çözünürlüğüne, dolayısıyla tekstürün gelişmesi ve ürün lezzetinin oluşmasına katkı sağlamaktadır. Tuzun antimikrobiyal etkisi, mikroorganizmaların gelişmesi için mevcut serbest su miktarı olarak tanımlanan su aktivitesini (a_w) azaltma yeteneğine dayanır, buna bağlı olarak patojen mikroorganizmaların ozmotik şoka mağruz kalmasıyla hücre ölümleri gerçekleşmekte ve böylece mikrobiyal üreme kontrol altında tutularak ve ürünün raf ömrü uzamaktadır (Lücke, 2000b; Inguglia et al., 2017).

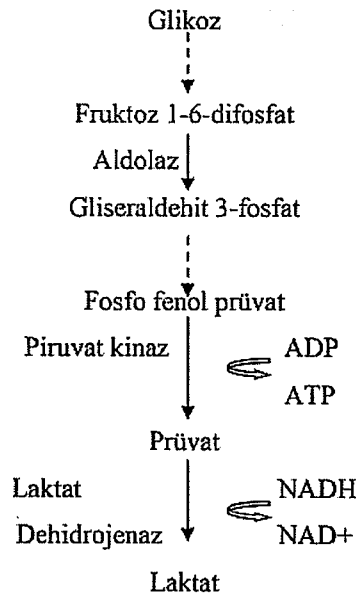
Nitrit ve nitrat tuzları, fermente et ürünlerinde kürlenme ajanı olarak kullanılan temel katkılardandır. Et ve et ürünlerinde nitrit/nitrat kullanımının, karakteristik renk ve lezzet gelişimini hızlandırmak, lipid oksidasyonunu kontrol etmek ve özellikle vakum ambalajlanmış et ürünlerinde patojen *Clostridium botulinum* ve sporlarına karşı antimikrobiyal etki sağlamak gibi önemli fonksiyonları bulunmaktadır (Bedale et al., 2016). Nitrat, nitrat-indirgeyen bakteriler tarafından nitrite dönüştürülür. Nitrit, pH 5.4-5.5 aralığındayken azot oksit (NO)'e dönüşür. Oluşan bu bileşik pH değerinin düşmesini, dolayısı ile *Salmonella* ve *Clostridium* spp. özellikle *Clostridium botulinum* inhibisyonunu sağlamaktadır (Köse, 2010). NO, et pigmenti miyoglobine bağlanarak fermente sucuğa tipik kürlenmiş kırmızı et rengini veren NO-miyoglobin pigmentini oluşturur (Honikel, 2008). Nitrit, et içinde kürlenme sonrasında veya sindirim sırasında sekonder veya tersiyer aminlerle reaksiyona girerek karsinojenik, teratojenik ve mutajenik N-nitroso bileşiklerinin oluşmasına yol açmaktadır (Abid et al., 2014). Bu nedenle, nitrit/nitrat kullanımına ilişkin yasal sınırlamalar getirilmiştir. Avrupa Komisyonu Yönergesi (2006/52/EC) tarafından (European Commission, 2006) kuru fermente et ürünlerinde maksimum nitrat ve nitrit seviyesi 150 ppm ve nitrit içermeyen uzun süre kürlenmiş et ürünlerin de maksimum nitrat seviyesi 250 ppm olarak belirlenmiştir. Ülkemizde ısıtılmış işlem görmemiş işlenmiş etler (fermente sucuk ve pastırma hariç) için maksimum nitrat seviyesi 150 ppm olarak belirlenmiştir. (Alahakoon et al., 2015; Öztürk ve ark. 2015; Turp ve Sucu, 2016).

Starter kültürler, et ürünlerinin doğal yolla fermentasyonunda ette bulunan doğal mikro floranın ya da üretim sırasında gelişebilecek mikroorganizmanın gıda güvenliğini tehdit edecek ihtimalleri ortadan kaldırmak ve standart üretimi sağlamak amacıyla endüstriyel uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Starter kültürler, sucukların fermentasyon sürelerini azaltarak endüstriyel üretimde zamanın verimli kullanılmasına yardımcı olup standart ürün elde etmek amacıyla başarıyla kullanılmaktadır. Starter kültürlerin, patojen mikroorganizmaların inhibasyonunu gerçekleştirmesiyle raf ömrü daha uzun ürünler elde edilmiştir. Bunlara ilaveten starter kültür kullanımı renk gelişimini de hızlandırmaktadır(Lücke, 1994). Yapılan araştırmalar sucuk fermentasyonu ve olgunlaşmasında *Lactobacillus* ve *Micrococcaceae* bakteri cinsleri rol oynamaktadır. Tanımlanan en yaygın starter kültürlerle, *Lactobacillus plantarum*, *L. carnis*, *L. casei*, *L. sakei*, *L. curvatus* *Staphylococcus carnosum* ve *S. xylosus* başlıca örnek verilebilir (Anar, 1997; Urso et al., 2006; Vignolo et al., 2010).

2.2. Fermente Et Ürünlerinde Fermentasyon ve Olgunlaştırma Sırasında Meydana Gelen Değişimler

Sucuk ve benzeri fermente ve/veya ısıtılmış et ürünlerinin karakteristik lezzet, aroma, renk ve tekstürü, karbonhidratların (glikoliz), proteinlerin (proteoliz) ve lipidlerin (lipoliz) bir dizi reaksiyonu sonucu gelişmektedir (Toldrá et al., 2001). Glikoliz tepkimesi genel hatlarıyla Şekil 2.1'de görülmektedir (Toldrá et al., 2001). Fermentasyon ve olgunlaşma işlemi sırasında gerçekleşen glikoliz, kaliteyi etkileyen önemli olaylardan biridir ve glikoliz sonucu laktik asit üretilir (Caplice and Fitzgerald, 1999). Laktik asit, homofermentatif *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* ve bazı laktobasiller tarafından karbonhidratların fermentasyonu sonucu oluşan en önemli bileşiktir. Ortamda oksijen varlığı söz konusu ise laktobasiller laktik ve/veya pürvik asidi oksitlemesiyle asetik asit de oluşabilmektedir (Lücke, 1998). Bu bileşiklerin yanı sıra tartarik asit, etilalkol, aseton, asetaldehit ve karbondioksitin de oluştuğu bilinmektedir. Asidik bileşiklerin oluşumu ile birlikte pH 5,3'ün altına düşer, et proteinlerinin su tutma kapasitesi azalır ve hızlı bir kuruma gerçekleşir. Kurumaya paralel olarak ürünün su aktivitesi azalır, *Staphylococcus aureus*'un toksin üretimi ve gelişimi engellenir. Ortamın asitlenmesi ile birlikte lezzet ve tekstür gelişimi de

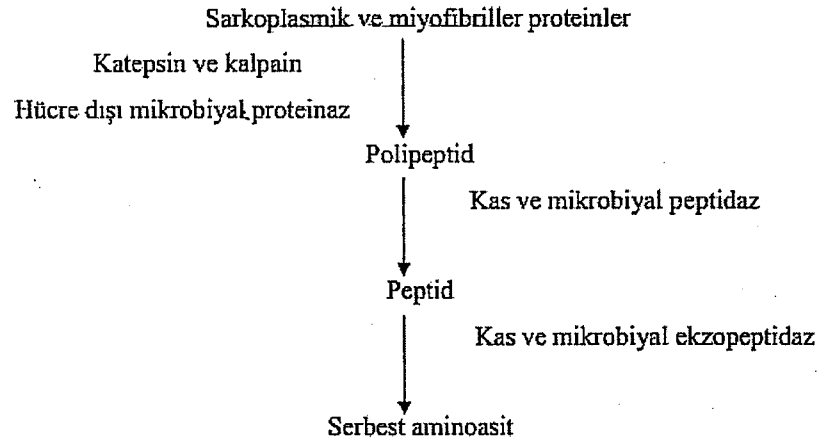
hız kazanır (Demeyer and Stahnke, 2002). Bunlara ilaveten mikrobiyal asitleşme ile nitrit indirgenerek kırmızı renkli nitrozoömyoglobin oluşumu hızlanır ve kürlenmiş et rengi ve aroması meydana gelir. Ortamın asitlenmesi, ortamdaki tuz varlığı ve nitritin indirgenmesinin ortak sonucu olarak *Clostridium botulinum* ve *Clostridium perfringens* gelişiminin inhibisyonu sağlanmış olur (Toldrá et al., 2001).



Şekil 2.1 Glikolizin ana basamakları (Toldrá et al., 2001)

Fermantasyon ve olgunlaşma sırasında et proteinleri endojen ve mikrobiyal kaynaklı proteolitik enzimlerin aktivitesi sonucunda hidrolize uğramaktadırlar. Şekil 2.2’de proteolizin ana basamakları gösterilmiştir. Proteoliz kas hücrelerinde başlar ve bakteriyel peptidazlar tarafından baskın olarak gerçekleştirilir. Et proteinleri ilk aşamada katepsinler ve kalpainler gibi endojen kas enzimleri tarafından polipeptidlere, polipeptitler peptidazlara ve peptidazlar da daha küçük peptidlere hidroliz edilir. (Toldra et al. 2001; Leroy et al. 2005). Daha ileriki aşamada, mikroorganizmalar tarafından üretilen proteazlar, endojen proteazlara kıyasla daha aktif rol alarak peptidlerin serbest amino asitlere dönüşümü gerçekleşmektedir (Casaburi et al., 2007). Serbest amino asitler, birtakım kimyasal reaksiyonlar sonucunda amin, keto asit, organik asit ve amonyak gibi farklı bileşenlere dönüşür (Toldra et al. 2001) Proteolizin dizi reaksiyonları sonunda açığa çıkan serbest amino asitlerin ve peptitlerin, son ürünün sertlik ve

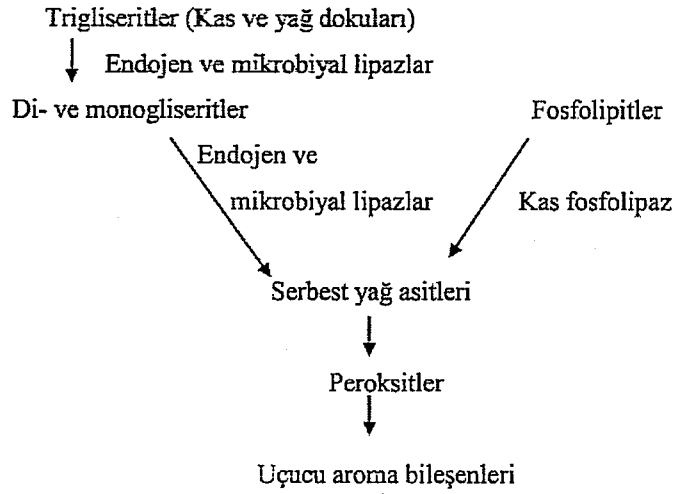
yapışkanlık gibi tekstür özelliklerini etkilediği, lezzet gelişiminde önemli rol oynadığı bilinmektedir (Lachowicz et al., 2012). Proteolizin gereğinden uzun sürmesi üründe acılaşmaya ve metalik tat gibi istenmeyen tat oluşumuna neden olabileceğinden dolayı proteoliz tepkimelerinin kontrol altında tutulması gerekmektedir.



Şekil 2.2 Proteolizin ana basamakları (Toldrá et al., 2001)

Fermantasyon ve olgunlaşma sırasında meydana gelen lipoliz tepkimesi sonucu, trigliseridler ve fosfolipitlerin digliserid, monogliserit, serbest yağ asitleri ve glisorele hidrolizi sonucu fermente et ürünlerinde istenilen tat ve aroma oluşmaktadır (Toldra et al.2001; Ertaş, 2006).

Şekil 2.3'te lipolizin ana basamakları gösterilmiştir. Trigliseridler, endojen ve mikrobiyal lipazlar tarafından, fosfolipidler ise kas fosfolipazları tarafından serbest yağ asitlerine dönüştürülür (Ensoy ve Kolsarıcı, 2004). Çoklu doymamış serbest yağ asitlerinin konsantrasyonu oksidasyon reaksiyonlarını tetiklemektedir. Lipoliz reaksiyonları sonucunda son ürün lezzetinde etkili olan aldehit, metil ketonlar, alkol ve karboksilik asitler gibi bileşenler açığa çıkar (Toldrá, 2008).



Şekil 2.3 Lipolizin ana basamakları (Toldrá et al., 2001)

2.3. Lipid Oksidasyonu ve Aşamaları

Lipid oksidasyonu, et ve ürünlerinde önemli kalite problemlerine neden olan bir dizi reaksiyonları içermektedir. Lipid oksidasyonunun en önemli substratları yağ asitleri ve oksijendir. Doymamış yağ asitleri, moleküler oksijen atomu ile reaksiyona girerek ikincil oksidasyon ürünlerini, yani aldehit, keton, furan, karboksilik asit, alkol gibi bileşikler oluşturur, oluşan bu bileşikler, ürünün duyu kalitesini olumsuz etkilemektedir (Gök, 2006). Lipid oksidasyonu başlangıç, yayılma ve bitiş aşamasından oluşmaktadır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Lipid oksidasyon reaksiyonları (Morrissey et al., 1998)

Aşama	Açıklama	Kimyasal Tepkime
Başlangıç	Serbest radikal oluşumu	$RH + HO\cdot \rightarrow R\cdot + H_2O$
Yayılma	Serbest radikal zincir reaksiyonu	$R\cdot + O_2 \rightarrow ROO\cdot$
		$ROO\cdot + RH \rightarrow ROOH + R\cdot$
Bitiş	Radikal olmayan ürünlerin oluşumu	$ROO\cdot + RH \rightarrow ROOH + R\cdot$
		$RO\cdot + RH \rightarrow ROH + R\cdot$
		$RO\cdot \rightarrow R'CH_2\cdot + R''CHO$

Başlangıç aşamasında $\text{HO}\cdot$ radikali veya demir-oksijen katalizöründe, yağ asidindeki lipid molekülleri (RH) alkil radikallerine ($\text{R}\cdot$) dönüşmektedir. Bu dönüşüm boyunca, yağ asitleri içindeki çift bağların sayısı hızla artmakta ve buna paralel olarak çoklu doymamışlık derecesi de yükselmektedir (Morrissey et al., 1998). Yayılma aşamasında alkil radikali ($\text{R}\cdot$), hızla $\text{O}_2\cdot$ ile reaksiyona girerek peroksit radikal ($\text{ROO}\cdot$) oluşturmaktadır. Yüksek oksitleme yeteneğine sahip peroksit radikali diğer yağ asitlerini okside ederek, hidroperoksitler (ROOH) oluşturulur. Lipid hidroperoksitleri Fe^{+2} ve Cu^{+2} ile reaksiyona girer, peroksit ve alkoloksin radikallerini oluşturur. Bu radikaller diğer basamakları tetiklemektedir. Bitiş aşamasında ise, peroksit ve alkil radikalleri zincir reaksiyonlar sonucu radikal olmayan uçucu ve uçucu olmayan bileşiklere (ROOR) dönüşmektedir. Uçucu bileşiklerin aroma üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Estévez et al., 2008).

2.4. Fermente Et Ürünlerinde Lipid Oksidasyonu

Fermente soslar kuru maddede yaklaşık % 40-60 oranında yağ içerir. Lipidler, fermentasyon ve olgunlaştırma işlemleri sırasında bazı kimyasal değişikliklere uğramaktadır. Bu değişiklikler fermente et ürünlerine karakteristik özellikler kazandırırken, diğer taraftan istenmeyen ransit tat oluşumu, toksik bileşiklerin oluşumu ve besin kayıplarına da neden olabilmektedir (Contini et al., 2014). Fermente et ürünlerinde lipid oksidasyonunu etkileyen faktörler; et kalitesi, içerdiği yağ çeşidi ve miktarı, olgunlaşma durumu, ambalaj materyali, depolama sıcaklığı ve süresi olarak sıralanabilir.

%25 domuz sırt yağlı fermente soslarda yapılan bir çalışmada aerobik, vakum ve modifiye atmosfer (MAP) koşulları altında farklı paketleme materyallerinin oksidatif stabilitesi incelenmiştir. Formülasyonlarda antioksidan olarak BHT, BHA ve soya protein izolatu ile ön emülsifiye edilerek (soya protein izolatu) keten tohumu yağı kullanılmıştır. MAP ile ambalajlanan örneklerin en düşük peroksit ($<4 \text{ meqO}_2/\text{kg}$) ve TBARS ($<0.25 \text{ ppm}$) değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. En iyi oksidatif stabilitenin antioksidan kullanılmış keten tohumu yağı içeren örneklerde saptandığı ve bu örneklerde istenen n-6/n-3 yağ asitleri

oranlarına yaklaşıldığı bildirilmiştir (2. ayda MAP kontrol: 15.76; MAP keten tohumu: 2.19) (Valencia et al, 2006).

Summo et al. (2006) olgunlaştırılmış sosislerin 40 günlük depolama periyodu sonunda oksidasyon değerlerini incelemiş, peroksit değerleri olgunlaştırma sonunda, vakum paketlenmiş ve paketlenmemiş depolama sonunda sırasıyla 22.0, 43.2, 43.3 meqO₂/kg; TBARS değerlerinin ise sırasıyla 2.58, 4.37, 2.89 mgmalonaldehit/kg olduğu ve depolama boyunca oksidasyonun ilerlediği saptanmıştır.

%0, 10, 20 ve 30 oranlarında domuz sırt yağı ile formüle edilen örneklerin fermente sosislerde gelişen oksidatif değişiklikleri incelenmiş, azalan yağ miktarı ile birlikte serbest yağ asidi (FFA) değerlerinde ve TBARS değerlerinde de azalma gözlenmiştir. Yağ oranının azaltılması ile örneklerin duyusal kalitesinin olumsuz olarak etkilendiği saptanmıştır (Olivares et al. 2011).

%25 domuz sırt yağlı fermente sosis örneklerinde NaCl miktarının 57 günlük olgunlaştırma işlemi süresince lipid oksidasyonuna etkilerini incelemek amacıyla 3 farklı formülasyonda (1-%2.7NaCl; 2-%2.26NaCl; 3-%2.26NaCl+%0.43KCl) sosis üretilmiş, 9. günde yapılan analizlerde TBARS değerleri ikinci grupta, yani tuzun azaltıldığı örneklerde daha yüksek bulunmuştur. Ancak 57. Günü sonunda en yüksek oksidasyon değerleri üçüncü gruba ait olduğu tespit edilmiştir (Corral et al. 2013).

Kuru fermente tavuk sosisi formülasyonlarına inülin ve mısır yağının 4°C'de 45 gün depolama süresince ürünlerdeki oksidatif değişiklikler üzerine etkileri araştırılmıştır. TBARS değerlerinin depolama periyodu boyunca 0.160-0.257 mg malonaldehit/kg arasında seyrettiği rapor edilmiştir. En yüksek TBARS değerleri %11 mısır yağı içeren örneklerde bulunmuştur (Menegas et al. 2013).

Fermente sosislerde yağ miktarındaki azalmanın oksidatif stabiliteye etkisinin araştırıldığı bir çalışmada %4, 10 ve 15 oranlarında iki farklı yağ (domuz yağı ve ayçiçeği yağı) kullanılmış ve artan yağ oranı ile birlikte TBARS değerlerinin de arttığı raporlanmıştır (Fuentes et al. 2014).

%27 domuz sırt yağı ile formüle edilen kurutulmuş fermente sosis örneklerinde 28 günlük olgunlaştırma işlemi süresince askorbat (SA) ve sodyum nitrit (SN)'in etkisine bakılmıştır. Kontrol örneklerinde SA ve SN kullanılmazken 500ppm SA ve 150ppm SN tek başlarına ve birlikte etkisi incelenmiştir. Olgunlaştırma süresince TBARS değerleri en yüksek kontrol grubunda, en düşük ise her iki katkının birlikte kullanıldığı (SA+SN) örneklerde gözlenmiştir (Berardo et al. 2016).

2.5. Fermente Et Ürünleri Formülasyonları Geliştirilmesinde Uygulanan Yenilikçi Stratejiler

2.5.1. Yağın Azaltılması ve Yağ Asitlerinin Modifikasyonu

Hayvansal yağ, et ürünlerinde karakteristik lezzet, sululuk, tekstür ve ısı transfer hızını belirleyen önemli bir faktördür. Ürün içerisinde granüler formda bulunan yağın, et partküleri ile oluşturduğu mikro kapiler kanallar sayesinde ürünün kuruması sırasında suyun merkezden dışarıya doğru uzaklaşmasını kolaylaştırmaktadır. Et ürünlerinde yağın doğrudan azaltılması, ürünlerin oksidatif reaksiyona olan dayanıklılığını artırırken diğer yandan ürünün kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir (Jiménez-Colmenero et al., 2015; Kayaardı and Gök, 2003).

Mendoza et al., (2001), düşük orta ve yüksek olmak üzere farklı yağ seviyelerinde üretilen kuru fermente sosislerde; yağ miktarının azalmasının sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerini artırdığı; elastiklik, iç ve dış yapışkanlık değerlerini ise azalttığını rapor etmiştir. Düşük yağlı örneklerin genel kabul edilebilirlik değerleri panelistler tarafından düşük puanlanmıştır.

Şanes (2006), farklı yağ oranlarında ürettiği sucuklarda farklı yağ seviyelerinin ve çeşitli yağ ikamelerinin ilave edilmesinin 8 haftalık depolama süresi boyunca etkisine bakmıştır. Yağ miktarların artması, sucukların lipid oksidasyonunu tetiklemiş, yüksek yağlı sucukların TBA değerlerinin düşük yağlılara göre daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir. Yüksek miktarda yağın, sucuk tekstürünü yumuşattığını ifade etmiştir.

Kuru fermente sosis üzerinde yapılan bir çalışmada %10, 20 ve 30 oranlarında domuz sırt yağı ile formüle edilen örneklerin renk değerleri ve tekstür parametreleri incelenmiştir. Yağı azaltılmış örneklerin renk ve tekstür puanlarının daha düşük olduğu saptanmıştır (Olivares et al. 2010).

Isıl işlem görmüş fermente sucuk formülasyonlarında % 20, 25, 30, 35, 40, 45 ve 50 oranlarında sığır et yağı kullanılmıştır ve ürün kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Yağ oranının artışına bağlı olarak dış yüzey parlaklık ve kırmızılık değerlerinin arttığı, tekstürün yumuşadığı, yapışkanlık değerlerinin azaldığı, çiğnebilirliğin azaldığı, TBARS değerlerinin arttığı tespit edilmiştir (Öven et al., 2017).

Yağ asidi modifikasyonunu sağlamaya yönelik en temel uygulama formülasyondaki hayvansal yağın, bitkisel yağlar ile yer değiştirilmesidir. Bitkisel yağların kolesterol içermemesi ve hayvansal yağlardan daha yüksek oranda doymamış yağ asitlerine sahip olması fermente et ürünlerinde yağ asidi modifikasyonu ve kolesterolün düşürülmesi amacıyla kullanımlarını yaygınlaştırmaktadır (Jimenez-Colmenero et al., 2015). Yıldız Turp and Serdaroğlu (2008b), sucuk örneklerinde sığır et yağının %15, 30 ve 50 oranlarında peynir suyu proteini ile emülsiye edilen mısır yağı ile ikame edilmesinin kolesterol miktarının azalmasına neden olduğunu ve çoklu doymamış yağ asitlerinin artmasını sağladığını saptamışlardır.

Ilıkkan et al. (2009), sığır et yağı ile formüle edilen sucuklara %2.5 ve 5 oranlarında fındık yağı ilavesinin ürün kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kullanılan fındık yağı oranındaki artışa bağlı olarak daha parlak yüzey görünümü sağlandığı, dokuda yumuşama olduğu ve TBARS değerlerinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir.

Gök (2015), Türk sucuklarında yapmış olduğu çalışmasında sığır yağının %0, 25, 50 ve 75 oranlarında sodyum kazeinat ile emülsiye edilen haşhaş tohumu yağı ile ikame etmiştir. Artan haşhaş tohumu konsantrasyonlarında kolesterol, doymuş yağ asidi içeriği ve TBARS değerleri azalırken çoklu doymamış yağ asitleri miktarında artış gözlenmiştir. TBARS değerlerindeki azalmanın, haşhaş tohumunun antioksidan karakterinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Örneklerin

doku profili incelendiğinde ise sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri düşük bulunmuştur.

Nacak (2015), ısıtıl işlem görmüş dana sucuklarında sığır et yağının %15 ve 30 oranlarında zeytinyağı ile ikame etmiş ve fermantasyon süresi boyunca ürünlerdeki fizikokimyasal değişiklikleri incelemiştir. Isıl işlem sonrasında peroksit, ısıtıl işlem sonrası ve son üründe peroksit, TBARS ve toplam karbonil değerlerinin sığır et yağı içeren kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olduğu, duyusal olarak genel kabul edilebilirliğin daha düşük puan aldığı gözlenmiştir.

Geçgel ve ark. (2016), geleneksel sucuk örneklerinde sığır et yağının %10, 20, 30 oranlarında soğuk pres ceviz, fındık, aspir yağları ve zeytinyağı ile yer değiştirilmesinin kalite üzerine etkilerini incelemişler, artan bitkisel yağ ikamesinin ve 90 günlük depolama süresinin serbest yağ asitliği ve peroksit değerlerinde artışa neden olduğu ve çoklu doymamış yağ asitleri içeriğinin en çok %30 ceviz yağı eklenen sucuklarda olduğunu saptamışlardır.

Yapılan bir çalışmada keten tohumu yağının sıvı hali (FXL), enkapsülasyonu (FXE) ve aljinat ile ön emülsiyonu (FXA) ve soya protein izolatu ile ön emülsiyonu (FXI) kuru fermente sosis formülasyonlarında domuz sırt yağı ikamesi olarak kullanılmış, örneklerin fiziko-kimyasal ve duyusal özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. n-3 PUFA ile zenginleştirilmiş fermente sosislerin kabul edilebilir duyusal özelliklere sahip olduğu FXE, FXA ve FXI gruplarının pH, ağırlık kaybı, kimyasal kompozisyonu, kontrol gruplarına çoğunlukla benzer olduğu, ön emülsiyon gruplarında, özellikle FXA'da, renk ve tekstür özelliklerinin olumsuz yönde etkilendiği saptanmıştır.(Stajić et al., 2018).

2.5.2. Et Ürünlerinde Bitkisel Yağların Jel Emülsiyon Formunda Kullanılması

Et ürünlerinde doymuş yağ asitleri (SFA), çoklu doymamış yağ asitlerinden (PUFA) daha fazladır. Bu nedenle et ve et ürünlerinin yüksek miktarlarda tüketilmesi metabolik sendromları da beraberinde getirmektedir (Muguerza et al. 2004). Yapılan araştırmalar diyetle tüketilen PUFA miktarının yüksek olması ile koroner kalp hastalığı riskinin azalması arasında yakın ilişki olduğunu

göstermektedir (Skeaff and Miller, 2009). Bu nedenle, bu alandaki araştırmalar, bu ürünlerin yağ asidi profilini mevcut sağlık önerileriyle uyumlu hale getirmeye çalışmaktadır.

Et ürünlerinde farklı bitkisel kaynaklı yağlar kullanılarak yağ asidi modifikasyonunun ve kolesterol miktarının azaltılmasını hedefleyen birçok araştırma bulunmaktadır (Bloukas et al., 1997; Muguerza et al., 2001; Severini et al., 2003; Dzudie et al., 2004; Ilıkkın et al., 2009; Geçgel ve ark., 2016). Et ürünlerinde bitkisel kaynaklı yağların hayvansal yağlar yerine doğrudan kullanılması, sağlıklı yağ asidi kompozisyonunun elde edilmesini sağlamakla birlikte önemli teknolojik sorunlara neden olabilmektedir (Bloukas et al., 1997; Muguerza et al., 2004; Jiménez-Colmenero, 2007; Grasso et al., 2014). Yapılan araştırmalar, bitkisel kaynaklı yağların fermente et ürünlerinde dokuda yumuşama, görünümde bozukluk, dilimleme zorluğu ve yağ oksidasyonunun hızlanması gibi problemleri de beraberinde getirdiğini ortaya koymaktadır (Jiménez-Colmenero et al., 2015). Bloukas et al. (1997), zeytinyağının fermente soslerde doğrudan kullanılmasının kabul edilemez bir görünüme ve çok yumuşak bir dokuya neden olduğunu bildirmişlerdir. Bitkisel kaynaklı yağların kullanımı ile ortaya çıkan bu olumsuz etkileri ortadan kaldırabilmek amacıyla bitkisel yağların enkapsüle edilerek ve/veya emülsiye edilerek kullanılması konusunda çeşitli araştırmalar sürdürülmektedir (Jiménez-Colmenero et al., 2015). Son yıllarda bitkisel yağların et sistemlerine taşınması konusunda yürütülen çalışmalar; basit (O/W) emülsiyonlar (Xiong et al. 2016), çok katlı (W1/O/W2) emülsiyonlar (Serdaroğlu et al., 2015) ve jel emülsiyonların (Pintado et al. 2016) kullanılması konularında yoğunlaşmaktadır.

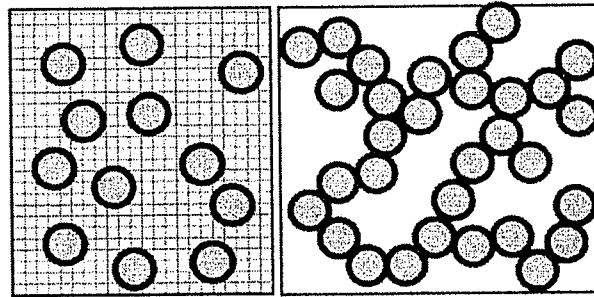
Emülsiyonlar, birbiri içerisinde çözülmeyen iki maddenin (su ve yağ), emülsifiye edici ajanlar yardımıyla birbiri içinde homojen olarak dağıldığı sistemlerdir. Emülsiyon sistemleri, damlacık oluşturan kesikli faz, damlacıkları çevreleyen sürekli faz ve iki fazın birbirine bağlandığı ara yüzey olmak üzere üç bölgeden oluşmaktadır. Basit emülsiyonlar sürekli ve kesikli fazlarına göre su içinde yağ (O/W) ve yağ içinde su (W/O) emülsiyonları olarak iki gruptan oluşmaktadır. O/W emülsiyonlarında sürekli fazda su ve su benzeri bileşikler bulunurken W/O emülsiyonlarında ise sürekli fazda yağ ve yağ benzer yer almaktadır. Et emülsiyonları bir O/W emülsiyon sistemi olup, sürekli fazda su,

kesikli fazda hayvansal yağ ve ara yüzeyde kas proteinlerinden oluşmaktadır. Bu proteinler kas yapısında doğal olarak bulunan miyofibriler proteinler ve sarkoplazmik proteinlerdir (Serdaroğlu et al., 2015).

Çift katlı emülsiyonlar ise bir emülsiyon içerisinde yine bir emülsiyonu barındıran çok tabakalı bir sistemden oluşmaktadır. Bu emülsiyonların su fazında O/W ve yağ fazında W/O katmanları yer almaktadır. İki ayrı katmanın yine bir emülgatör sayesinde bir araya gelmesiyle $W_1/O/W_2$ (su içinde yağ içinde su) veya $O_1/W/O_2$ (yağ içinde su içinde yağ) çok katlı emülsiyon sistemleri oluşmaktadır. (Dickinson, 2011; Serdaroğlu et al., 2016). Et ürünlerinde daha sağlıklı ürün elde etmek amacıyla W/O/W emülsiyon sistemleri denenmektedir (Jimenez Colmenero et al., 2015).

Jel emülsiyonlar, et ürünlerinde daha sağlıklı lipid profili oluşturmak ya da oksidatif stabiliteyi geliştirmek adına kullanılabilmektedir. Jel emülsiyonlar, içerdiği ağ yapıları sebebiyle jel karakter gösteren ve mekanik olarak katı yapıdaki sistemlerdir (Serdaroğlu et al., 2017).

Jel emülsiyonlar iki aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşamada yağ ve su fazları, sıvı benzeri proteinlerle yüksek basınçlı homojenizasyon veya yüksek hızlı karıştırma uygulanarak stabilize emülsiyon hazırlanır (Şekil 2.4a). Emülsiyonun stabilizasyonu yağ damlacıkları miktarına, yağ damlacıkları büyüklüğüne ve proteinlerin ara yüzeyi kaplama yeteneğine bağlıdır (Dickinson, 2012).



(a)

(b)

Şekil 2.4 O/W Jel Emülsiyon yapısının şematik olarak gösterimi: (a) düzensiz dağılmış yağ damlacıkları; (b) polimer ağ yapısı içerisine yerleşmiş yağ damlacıkları.

İkinci aşamada ise elde edilen konsantre protein stabilize emülsiyonu, ısıtma, enzim (transglutaminaz) veya asitlendirme (soğuk jelleşme) uygulamasına tabi tutularak emülsiyon damlacıklarının ağısı yapıyı kazanması sağlanmakta ve jel benzeri davranışa sahip, mekanik olarak katı bir yapı oluşmaktadır (Şekil 2.4b).

Sıcak jelleşme yönteminde proteinlerin ısıtılmasıyla geri dönüşümsüz bir jel yapı oluşturmaktan faydalanılmaktadır. Bu amaç kapsamında emülsifiye edici başlıca proteinler arasında, β -laktoglobulin gibi saf süt proteini veya çözünebilen/dağılabilen süt proteini türevleri peynir altı suyu proteini izolatu veya sodyum kazeinat gibi bileşenler yer almaktadır. Bu proteinler yaklaşık 70°C sıcaklıkta denatürasyona maruz kalarak kovalent çapraz-bağlanma ile güçlü bir yapı oluştururlar (Dickinson, 2012).

Enzim uygulamasında, emülsiyonun jel yapısı transglutaminaz enzimi varlığında gerçekleşmektedir. Transglutaminaz (TGase), lizin ve glutaminil arasındaki reaksiyonu katalizler ve kovalent yapıda proteinlerin çapraz bağlanmasına neden olarak jel emülsiyonun oluşturulmasını sağlarlar. TGase ile oluşturulmuş jel yapı, ısıtma veya asitleme yöntemleri ile elde edilen jel emülsiyonlara kıyasla daha esnek bir reolojiye sahiptir (Dickinson, 2012).

Asidifikasyon (soğuk jelleşme) uygulaması, proteinlerin izoelektrik pH noktalarına gelindiğinde geri dönüşümsüz olarak kendi aralarında çökme ve jelatinizasyon prensibine dayanmaktadır. Soğuk jelleşme yönteminde oluşacak emülsiyonun stabilizasyonunu kontrol etmek için polisakkaritler, proteinler ve enzimlere ihtiyaç duyulmaktadır. Kazein, kazeinat ve peynir altı suyu proteinleri, asit kaynaklı emülsiyon jelin istenilen mikroyapının oluşmasında etkili olduğu bilinmektedir. Özellikle düşük protein/yağ oranında kazeinat ve iyonik güç zayıf olduğunda peynir altı suyu proteinleri ile emülsiyon stabilitesi kolaylıkla sağlanmaktadır (Dickinson, 2012).

Et ürünlerinde jel emülsiyonların kullanımı ile sağlıklı yağ asidi profilleri geliştirildiği, kolesterol miktarının düşürüldüğü ve oksidatif stabilitenin kontrol altına alındığı belirtilmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Et ürünlerinde jel emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar

Ürün	Çalışma özeti	Elde edilen bulgular	Kaynak
Frankfurter Sosis	Zeytinyağı, keten tohumu yağı ve balık yağı; soya-protein izolatu, sodyum kazeinat ve mikrobiyal transglutaminaz (MTG) ile hazırlanan O/W jel emülsiyonların domuz sırt yağı ikamesi olarak kullanılmıştır (2°C, 41 gün depolama)	O/W jel emülsiyonları kullanılan gruplarda PUFA %33.6 PUFA oranı sağlanmış, TBARS değerleri kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur.	Delgado-Pando et al., 2011
Bologna salam	Keten tohumu yağı ve kappa karragenan ile hazırlanmış O/W jel emülsiyonun domuz yağı ikamesi olarak kullanımı	O/W jel emülsiyonları kullanılan gruplarda sağlıklı PUFA yağa sitleri (n-3) içeriği kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur ve duyuusal yönden farklılık oluşturmamıştır.	Poyato et al., 2014

Burger köftesi	%25, 50, 75 ve 100 oranlarında, ayçiçek yağı ve karragenan ile hazırlanmış O/W jel emülsiyonu domuz yağı ikamesi olarak kullanılmıştır.	O/W jel emülsiyon kullanılan gruplarda TBARS değerleri ve kolesterol oksidasyonu kontrol gruplarından daha düşük bulunmuş, PUFA oranı %63 değerine ulaşmış, duyuşsal özellikler kontrol örnekleriyle benzer bulunmuştur.	Poyato et al., 2015
Model sistem et emülsiyonu	Balık yağı, MTG, sodyum kazeinat ve pektin ile hazırlanmış O/W jel emülsiyonun domuz yağı ikamesi olarak kullanılmış. (2°C, 19 gün depolama; 70°C, 30 dk ısıtma).	O/W jel emülsiyonu kullanılan gruplarda ısıtma ve depolama periyodu boyunca peroksit ve TBARS değerleri daha düşük bulunmuştur.	Salcedo-Sandoval et al., 2015
Frankfurter sosis	Zeytinyağı; chia unu, MTG, aljinat veya jelatin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonun domuz yağı ikamesi olarak kullanılmış.	O/W jel emülsiyonu kullanılan gruplarda toplam yağ oranı %43 azaltılmış, PUFA %69 değerine ulaşmış, yağ oksidasyonu jel emülsiyon kullanımıyla yavaşlatılmıştır.	Pintado et al., 2016

Kuru fermente sosis	Keten tohumu yağı ve karragenan ile hazırlanan O/W jel emülsiyonu %26.3, 32.8 ve 39.5 oranlarında domuz yağı ikamesi olarak kullanılmış.	O/W jel emülsiyonu kullanılan gruplarda α -linolenik asit miktarı artış göstermiş. Peroksit ve TBARS değerleri kontrol örnekleriyle benzer bulunmuştur.	Alejandre et al., 2016
Tavuk köftesi	Zeytinyağı; inülin ve jelatin ile hazırlanan O/W jel emülsiyon %25, 50 ve 100 oranında hayvansal yağ ikamesi olarak kullanılmış.	%50 O/W jel emülsiyonu kullanılan gruplarda pişirme karakteristikleri kontrol örneklerine benzer bulunmuş, artan konsantrasyonlarda O/W jel emülsiyon ilavesinin pH değerlerini düşürdüğü, a* değerlerini değiştirmezken b* değerlerini artırdığı, sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinde azalmaya neden olduğu ve duyusal yönden olumsuz etki ettiği gözlenmiştir.	Serdaroğlu et al., 2017
Frankfurter	Zeytinyağı ve chia unu ile hazırlanan O/W jel emülsiyonların hayvansal yağ ikamesi olarak kullanımı	O/W jel emülsiyonu kullanılan gruplarda pişirme kayıpları azaltmış, sertlik değerlerinde artış gözlenmiştir.	Herrero et al., 2017

Model sistem hindi göğüs eti	Zeytinyağı, inülin ve jelatin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonlar %30, 50, 70 ve 100 oranında hayvansal yağ ikamesi olarak kullanılmış.	O/W jel emülsiyonu kullanılan gruplarda L* ve b* değerlerinde artma, a* değerinde ise azalma gözlenmiştir.	Serdaroğlu and Öztürk, 2017
Sığır eti köftesi	Alg yağı ve kappa karragenan ile hazırlanan O/W jel emülsiyonların domuz sırt yağı ikamesi olarak kullanımı (4°C ve 25°C’de, vakumlu ve vakumsuz 31 gün depolama)	O/W jel emülsiyonu konsantrasyonuna ve depolamaya bağlı olarak sertlik değerlerinde azalma, b* değerlerinde artma, en yüksek TBARS değerleri 25°C’de depolanan örneklerde gözlenmiş ve sağlıklı yağ asidi profili oluşturulmuştur (n-6/n-3, 7.6).	Alejandro et al., 2017
Taze sosis	Zeytinyağı, chia unu ve yulaf kepeği ile hazırlanan O/W jel emülsiyonların domuz sırt yağı ikamesi olarak kullanımı (2°C, 18 gün depolama)	O/W jel emülsiyonu kullanılan gruplarda sağlıklı yağ asidi profili oluşturulmuş (PUFA, en yüksek 2.42g/100g), Kramer kesme kuvvetinin yüksek olduğu gözlenmiş ve duyu özellikler etkilenmemiştir.	Pintado et al., 2018

Frankfurter	Soya fasulyesi yağı; soya proteini izolat dispersiyonları, karragenan ve inulin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonların domuz sırt yağı ikamesi olarak kullanımı	O/W jel emülsiyonu kullanılan gruplarda a* ve L* değerlerinde, duyuşal puanlamada, pişirme kayıplarında ve sertlik değerlerinde azalma gözlenmiştir ve sağlıklı yağ asidi profili oluşturulmuştur (n-6/n-3, 8.18).	de Souza Paglarini et al., 2018
-------------	---	---	---------------------------------------

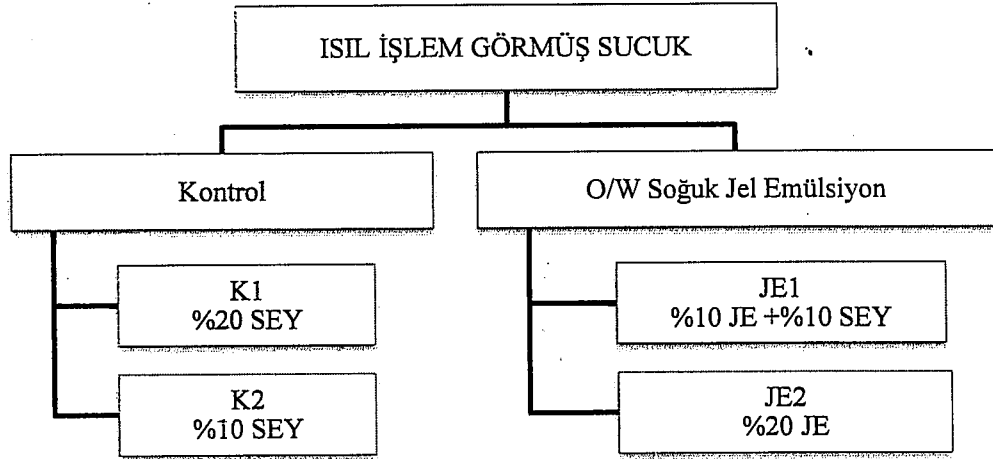
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisi'nde gerçekleştirilen ısıtma işlemi görmüş sucuk üretiminde kullanılan sığır eti ve yağı İzmir ilinde bulunan yerel bir kasaptan temin edilmiştir. Üretimde kullanılan sığır etinin kimyasal kompozisyonu %75.40 nem, %22.83 protein, %5.38 yağ ve %1.13 kül olarak belirlenmiştir. Üretimde kullanılan soğuk pres keten tohumu yağı Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi satış noktasından, ham yer fıstığı yağı Başpınar Fıstıkçılık Toprak Mah. ve Nak. Tic. Ltd. Şti. (Osmaniye) firmasından, ön emülsiyonların oluşturulmasında kullanılan yumurta beyazı tozu Çağdaş Kimya A.Ş.'den, kürlenme katkıları Etol Aroma ve Baharat Gıda Ürünleri San. ve Tic. A.Ş.(İzmit) firmasından, baharat karışımları ve doğal kılıflar yerel piyasadan, sucuk üretiminde kullanılan *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus plantarum* ve *Staphylococcus carnosus* suşlarını içeren ticari liyofilize starter kültür karışımı Pınar Entegre Et ve Un San. A.Ş. (İzmir)'den, temin edilmiştir.

3.1.1. Deneme Deseni

Tasarlanan denemeye ait deneme deseni Şekil 3.1' de verilmiştir. Bu kapsamda ülkemizde standardı oluşturan %20 (K1) ve yağın doğrudan azaltılmasındaki etkilerin belirlenmesi için %10 (K2) oranında sığır et yağı eklenen 2 farklı kontrol grubu oluşturulmuştur. Yağı azaltılmış diğer deneme gruplarını oluşturmak amacıyla, yağ kaynağı olarak yer fıstığı yağı ve keten tohumu yağı karışımı ile hazırlanan JE, sığır et yağı ile birlikte (%10 SEY + %10 JE) (JE1) ve tek başına (%20) (JE2) kullanılmıştır.



Şekil 3.1 Isıl işlem görmüş sucuk formülasyonlarına ait deneme deseni

1. K1: %20 sığır et yağı eklenen sucuk formülasyonu (kontrol standart)
2. K2: %10 sığır et yağı eklenen yağı azaltılmış sucuk formülasyonu (kontrol-yağı azaltılmış)
3. JE1: %10 sığır et yağı+ %10 O/W jel emülsiyon (soğuk jelleşme) eklenen yağı azaltılmış sucuk formülasyonu
4. JE2: %20 O/W jel emülsiyon (soğuk jelleşme) eklenen yağı azaltılmış sucuk formülasyonu

3.1.2. Soğuk Jelleşme Yöntemiyle O/W Jel Emülsiyon Hazırlanması

Jel emülsiyonlarda kullanılan yer fıstığı yağının linoleik asit (n-6), keten tohumu yağının ise linolenik asit (n-3) bakımından zengin olmasından dolayı bu yağlar seçilmiştir. YFY, KTY ve ısıtılmış sucuk ön deneme örneklerinin yağ asidi kompozisyonları Çizelge 3.1’de sunulmaktadır. Yağ asidi kompozisyonu sonuçları incelendiğinde, yer fıstığı yağında n-6 yağ asidi miktarının %32.96 ve keten tohumu yağında n-3 yağ asidi miktarının %54.58 olduğu görülmektedir. Beslenme otoriteleri tarafından sağlıklı bir diyetle n-6/n-3 oranının 5 ile 10 arasında olması gerektiği önerilmektedir. Bu orana yaklaşım göz önünde bulundurulduğunda, hazırlanan jel emülsiyonlarda yer fıstığı yağı ve keten tohumu yağı 10:1 oranında karıştırılarak kullanılmıştır. Jel emülsiyon içeren ön deneme grubunun yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde, kompozisyonun

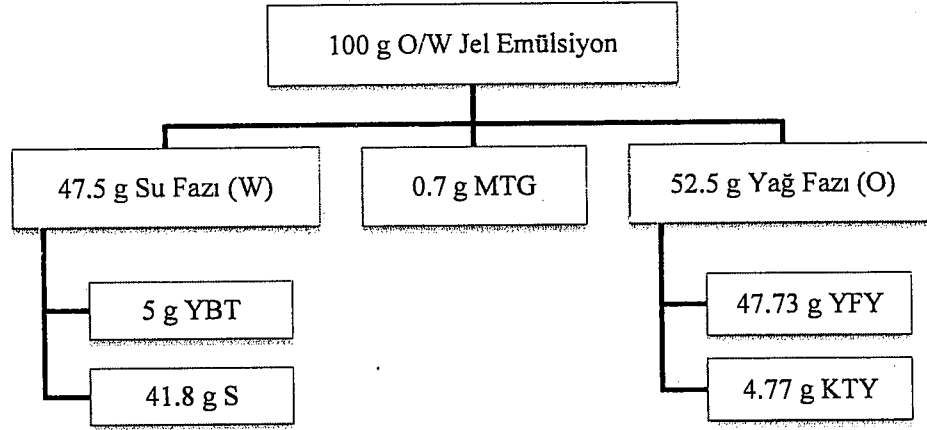
önemli bir bölümünün çoklu doymamış yağ asitlerinden oluştuğu, n-9 yağ asidi miktarının %45.48, n-6 yağ asidi miktarının %19.35 ve n-3 yağ asidi miktarının %3.67 olduğu tespit edilmiştir. Üründe n-6/n-3 oranı ise 5.28 olarak belirlenmiştir. Bu durumda n-6/n-3 oranının hedeflenen aralıkta olduğu bulunmuş ve esas üretimlerde kullanılacak ön emülsiyonlarda kullanılacak keten tohumu ve yer fıstığı yağlarının karışım miktarının sabit kalmasına karar verilmiştir.

Çizelge 3.1 YFY, KTY ve ısıtılmış işlem görmüş sucuk ön deneme örneklerinin yağ asidi kompozisyonları

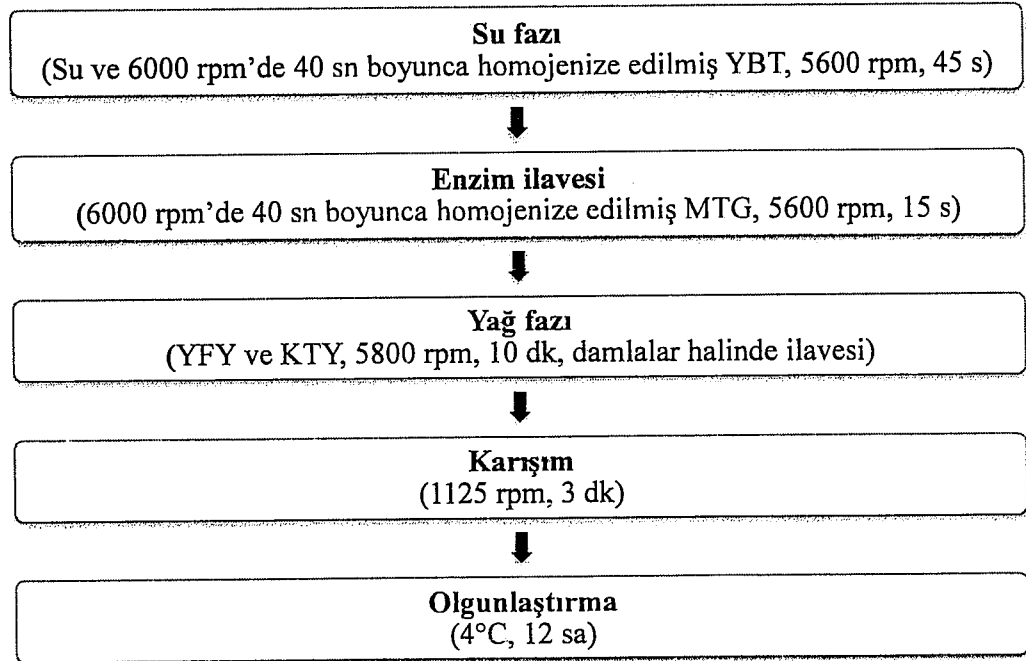
Yağ asidi (%)	Ön emülsiyon yağ fazı		Ön deneme grubu
	Keten tohumu yağı	Yer fıstığı yağı	
C 16:0	5.55	9.77	14.18±0.22
C 18:0	3.88	3.27	9.96±0.04
C 18:1 (n-9)	18.38	46.27	45.48±0.22
C 18:2 (n-6)	15.07	32.96	19.35±0.01
C 18:3 (n-3)	54.58	0	3.67±0.01
C 20:0	0	1.39	0
C 22:0	0	2.63	0
Diğer	2.54	3.71	7.37±0.42
n-6/n-3			5.28

Soğuk jelleşme yöntemiyle hazırlanan O/W jel emülsiyonlar Pintado et al., (2015) tarafından tanımlanan metot kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan O/W jel emülsiyonu formülasyonu Şekil 3.2’te, akım şeması da Şekil 3.3’te görülmektedir. Emülsifikasyon işlemi öncesinde yumurta beyazı tozu (YBT) ve mikrobiyal transglutaminaz (MTG), ayrı ayrı su içerisinde yüksek devirli karıştırıcıda (IKA, Ultra-turrax, Almanya) 6000 rpm’de 40 sn boyunca homojenize edilmiştir. Emülsiyonun su fazı (W), 5 g yumurta beyazı tozu ve 41.8 g suyun yüksek devirli mikserde (Thermomix, Vorwerk, Almanya) 5600 rpm’de, 45 s karıştırılmasıyla hazırlanmış, bu karışıma %1 MTG eklenerek 15 s boyunca karıştırma işlemine devam edilmiştir. Elde edilen karışıma, yağ fazını (O) oluşturulan 47.73 g yer fıstığı yağı (YFY) ve 4.77 g keten tohumu yağı (KTY), 5800 rpm’de, yaklaşık 10 dk boyunca damlalar halinde eklenmiş, karışımın 1125

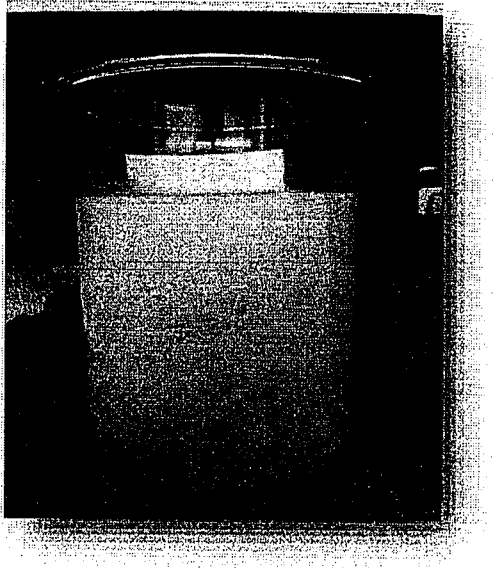
rpm'de 3 dk karıştırılmasıyla emülsifikasyon işlemi tamamlanmıştır. Hazırlanan emülsiyon 4°C'de, 12 sa boyunca olgunlaştırılmış ve bu süre sonunda emülsiyonun kararlı yapısını koruduğu, santrifüj stabilitesi ve termal stabilitenin de arzu edilen oranda sağlandığı tespit edilmiştir. Elde edilen jel emülsiyonu Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3.2 Soğuk jelleşme ile hazırlanan O/W jel emülsiyon formülasyonu



Şekil 3.3 Soğuk jelleşme ile hazırlanan O/W jel emülsiyon akım şeması



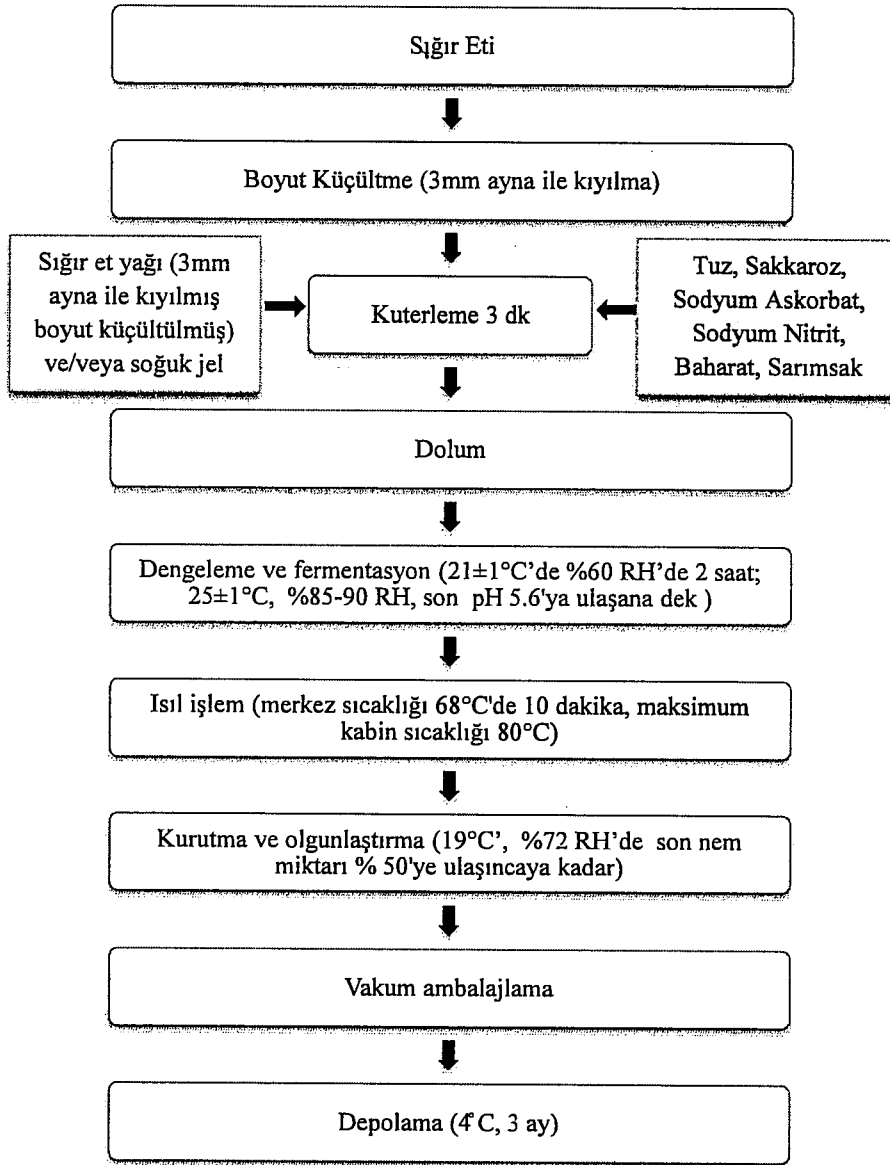
Şekil 3.4 Soğuk jelleşme ile hazırlanan O/W jel emülsiyonu

3.1.3. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretimi

Isıl işlem görmüş dana sucuğu formülasyonları Çizelge 3.2'de, üretim akım şeması ise Şekil 3.5'te verilmiştir. Ölüm sertliğini tamamlamış sığır karkaslarının but kısımlarından alınan etler görünür yağ, bağ ve sinir dokularından ayrılmış, et ve sığır et yağı 3 mm'lik ayna çapına sahip kıyma makinasından çekilerek kıyma haline getirilmiştir. Kıyma haline gelen et ve yağ karışımına sırayla kürlleme katkıları, baharatlar ve starter kültür eklenerek kuterde (Alpina, Switzerland) 750 rpm de 3 dk süre ile karıştırılarak homojen bir hamur elde edilmiştir. Sucuk hamurları hidrolik dolum makinası (Alpina, Switzerland) ile sığır ince bağırsağından hazırlanmış olan hava kurusu kılıflara doldurulmuştur. Dolumu tamamlanan sucuklara iklimlendirme kabiniinde (Wisd, Almanya) $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de, %60 RH'de, 2 saat dengeleme işlemi uygulanmıştır. Dengeleme işleminin ardından $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de ve %85-90 RH'de sucuklar pH değerleri 5.6'ya düşene dek fermentasyona bırakılmıştır. pH değerinin 5.6'ya düşmesiyle fermentasyonu tamamlanan sucuklara, ısıtım kabiniinde (Afos, İngiltere) kabin sıcaklığı kademeli olarak 55°C 'den 80°C 'ye yükseltilerek merkez sıcaklıkları 68°C 'ye ulaşana dek ısıtım uygulanmıştır. Isıtım işlemi tamamlanan sucuklar tekrar iklimlendirme kabinine alınarak 19°C 'de ve %72 RH'de nem miktarı % 50'ye düşene kadar kurutulmuştur. Sucuk örnekleri vakum altında ambalajlanarak 4°C 'de, 3 ay depolanmıştır.

Çizelge 3.2 Isıl işlem görmüş sucuklara ait formülasyon grupları (g)

Kod	Et	Sığır et yağı	O/W jel Emülsiyon	NaCl	Sakkaroz	Sodyum Askorbat	Sodyum Nitrit	Baharat
K1	5000	1000	-	120	24	2.4	0.90	225
K2	5000	500	-	110	22	2.2	0.83	206.3
JE1	5000	500	500	120	24	2.4	0.90	225
JE2	5000	-	1000	120	24	2.4	0.90	225



Şekil 3.5 Isıl işlem görmüş sucuk üretim akım şeması

3.2. Yöntem

Deneme süresince O/W jel emülsiyonu, sucuk hamurları, son ürün ve depolama aşamalarında uygulanan analizler Çizelge 3.3'te özetlenmiştir.

Çizelge 3.3 O/W soğuk jel emülsiyonda, sucuk hamurunda, son üründe ve depolamada uygulanan analizler

O/W jel Emülsiyon	Sucuk Hamuru	Son Ürün	Depolama (4°C/3ay)
*pH	* Kimyasal	* Kimyasal	*Peroksit sayısı
* Santrifüj stabilitesi	kompozisyon	kompozisyon	*TBARS
*Termal stabilite	*pH	*pH	
*Ortalama damlacık çapı	*Su aktivitesi	*Su aktivitesi	
*Peroksit sayısı	*Toplam asitlik	*Toplam asitlik	
*TBARS	*Serbest yağ asitliği	*Serbest yağ asitliği	
	*Peroksit sayısı	*Taramalı elektron mikroskobu (SEM)	
	* TBARS	*Doku profil analizi (TPA)	
		Renk (Hunter L, a*, b*)	
		*Duyusal analiz	

3.2.1. Kimyasal Kompozisyon

3.2.1.1. Nem

Nem analizi AOAC (2012) metoduna göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.2. Protein

Protein analizi LECO (FP-528, USA) protein/azot analizörü kullanılarak Dumas yakma metoduna göre belirlenmiştir.

3.2.1.3. Yağ

Yağ tayini Flynn and Bramblett (1975) metoduna göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.4. Kül

Kül tayinleri AOAC (2012) metoduna göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. pH

pH ölçümü batırma tipi prob kullanılarak portatif pH metre (WTV pH 3110 set 2, Germany) ile 3 ayrı noktada ölçülmüştür.

3.2.3. Su Aktivitesi

Sucuk örneklerinin su aktivitesi değerleri sıcaklık kontrollü ve ± 0.002 hassasiyette su aktivitesi cihazı (TEST0645, Almanya) kullanılarak ölçülmüştür.

3.2.4. Toplam Asitlik Tayini

Sucuk örneklerinin toplam asitlik değeri AOAC (2012)'ye göre (%) titrimetrik yöntemle belirlenmiştir. 10 g örnek, 200 ml saf su ile Blender'de homojenize edilmiş, karışım kaba filtre kağıdından süzölmüş ve süzüntüden 25 ml alınıp, üzerine 75 ml saf su ilave edilmiştir. Karışıma 3-4 damla fenolftalein indikatörü eklenip 0.01 N NaOH çözeltisi ile pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir.

$$\% \text{ Toplam Asitlik} = \frac{s * N * f * 0,09 * 100}{m}$$

s: Titrasyonda harcanan NaOH hacmi (ml)- Kör deneme için harcanan NaOH hacmi (ml)

N: NaOH normalitesi

F: NaOH faktörü

m: örnek ağırlığı (g)

3.2.5. Serbest Yağ Asitliği

Sucuk örneklerinden kloroform ve metanol ekstraksiyonu (Folch et al., 1957) ile elde edilen yağda serbest yağ asitliği (%) AOAC (2012)'e göre titrimetrik yöntemle yapılmıştır. 1 g yağ örneği, 5 mL etil alkol ile ekstrakte edilip

2-3 damla fenolftaleyn indikatörü damlatılarak 0.1 N NaOH çözeltisi ile pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Harcanan NaOH sarfiyatına karşılık, % oleik asit cinsinden serbest yağ asitliği değeri aşağıda yer alan formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\%Serbest Yağ Asitliği = \frac{S \times N \times 282g/gmol}{m \times 10}$$

S: Titrasyonda harcanan NaOH hacmi (ml)- K r deneme için harcanan NaOH hacmi (ml)

N: NaOH normalitesi

m:  rnek ağırlığı (g)

3.2.6. Santrifüj Stabilitesi

Jel emülsiyonlarda faz ayrımının test edilmesi adına örnekler 3 dakika, 1400 rpm'de santrifüj uygulanmıştır.

3.2.7. Termal Stabilit 

Termal stabilit  Herrero et al. (2014) tarafından kullanılan yönteme göre gerçekleştirilmiştir. Emülsiyon  rnekleri t p içerisine alınmış, ağız kapatılarak su banyosu içinde 70 C, 30 dk ısıtılma uygulanmıştır. Ayrılmış yağ ve su miktarını ölçmek için kapakları açık şekilde ba  aşağı 50 dk bekletilmiş, ilk ve son tartım ağırlığı % olarak ifade edilmiştir.

3.2.8. Ortalama Damlacık  apı

Emülsiyonlara ait damlacık çapı  l m , Celal Bayar  niversitesi'nde gerçekleştirilmiştir. O/W jel emülsiyonlarının yağ damlacıklarının parçacık boyutu dağılımı, He-Ne lazeri ile donatılmış bir Malvern Mastersizer 2000S (Malvern Instruments Ltd., UK) ile Dinamik Işık Saçılması (DLS) metodolojisine göre  l ml m st r. ($\lambda = 623 \text{ nm}$). Seçilen optik parametreler: dağılmış parçacık kırılma indeksi 1.467, parçacık emme endeksi 0.25, dağıtıcı (saf su) kırılma indisi 1.33. Ölüm aralığı 0.2–2000 μm 'dir. Hacim ortalaması çap değeri (D [4,3]) Mastersizer 2000S yazılımı ile belirlenmiştir.

3.2.9. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Sucuk örnekleri kurutularak öğütücü yardımıyla toz haline getirilmiştir. Hazırlanan örnekler iletken numune taşıyıcısına alınarak yüzeyi altın ile kaplanmıştır (QUORUM Q150 RES) (Çizelge 3.4). Örnekler SEM ünitesine yerleştirilmiş ve sistem vakuma alınmıştır. Vakum belli bir değere ulaştığında, belirlenen voltaj değerine göre ayarlama yapılmış ve cihaz yüksek gerilime çıkarılmıştır. Oluşan elektron demeti ile numune etkileşimi sonucunda oluşan görüntü SEM cihazı (Carl Zeiss 300VP) ekranında takip edilmiş ve örnek X, Y ve Z eksenlerinde hareket ettirilerek incelenmek istenen bölge bulunarak çeşitli büyütme oranlarında netleştirme ve odaklama yapılarak fotoğraflanmıştır.

Çizelge 3.4 Taramalı elektron mikroskobu analizi parametreleri

Parametre	Değer
Materyal	Altın
Püskürtme akımı (mA)	20
Püskürtme zamanı (s)	90
İşleme faktörü	2,3
Bölme basıncı (mBar)	1x10 ⁻³

3.2.10. Peroksit

Peroksit sayısı analizi AOAC (2012)'ye göre gerçekleştirilmiştir. 10 g örnek 60 ml kloroform ile ekstrakte edilmiş, Whatman No:1 filtre kâğıdından süzülerek süzüntüden 25 ml alınarak 250 ml'lik erlene aktarılmıştır. Üzerine 30 ml glasiyel asetik asit ve 2 ml doymuş potasyum iyodür çözeltisi eklenmiş ve manuel olarak karıştırılmıştır. Ağzı kapatılarak 5 dk karanlıkta bekletilmiş örneklerle, 100 ml saf su ve 2 ml % 1'lik taze nişasta çözeltisi ilave edilmiştir. 0.1 N sodyumtiyosülfat çözeltisi ile titre edilerek mEq/kg olarak peroksit değeri belirlenmiştir.

$$\text{Peroksit (meqO}_2\text{/kg)} = \frac{(0.1 * s * 1000)}{m}$$

s: Titrasyonda harcanan NaOH hacmi (ml)- K r deneme için harcanan NaOH hacmi (ml)

m:  rnek miktarı

3.2.11. Tiyobarbütirik Asit Reaktifleri (TBARS)

TBARS tayini Witte et al. (1970)'e göre belirlenmiştir. 10 g örnek 100 ml %20'lik TCA  z ltisi ile blendırda 2 dk parçalanmış, karışım üzerine 50 ml su ilave edilerek 1 dk daha parçalama işlemine devam edilmiştir. Karışım 100 ml'lik balon jojeye Whatman No:1 filtre k  ıdından s z lm  t r. Balon joje 100 ml'ye 1:1 TCA/Su  z ltisi ile hacime tamamlanmıştır. Balon jojeden alınan 5 ml s z nt  deney tüpüne aktarılmış ve üzerine 5 ml 0,02 M TBA  z ltisi ilave edilmiştir. Aynı şekilde 5 ml 1:1 TCA:su ve 0,02 M TBA ile k r hazırlanmıştır. Tüpler manuel olarak karı tırılmı , su banyosunda 80 C'de, 35 dk boyunca bekletilm , ardından so utulmu tur. Örneklerin absorbens değerleri 532 nm dalga boyunda spektrofotometre ile okunmuştur. Örneklerin absorbens değerleri 5.2 faktörü çarpılarak, kg üründe oluşan mg malonaldehit değeri hesaplanmıştır.

3.2.12. Renk (Hunter L*, a*, b*)  l  m 

Örneklerin Hunter L* (aydınlık), a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerleri, renk ölçüm cihazı (Konica Minolta CR-400, Japonya) ile oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

3.2.13. Doku Profil Analizi (TPA)

Sucukların doku profili, doku analiz cihazı (TA-XT2, Stable Micro Systems, Haslemere, İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir. 2cm x 2cm x 2cm boyutlarında kesilen sucuk örneklerinde be  tekrarlı olacak şekilde okuma yapılmıştır (yük: 50 kg, başlık hızı: 5 mm/s, sıkıştırma: %50). Sertlik (N), esneklik (mm), yapışkanlık, sakızimsılık (N),  i nenebilirlik (N mm), parametreleri belirlenmiştir.

3.2.14. Duyusal Değerlendirme

Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinde duyusal analizler son ürün ve depolama boyunca 9 puanlı hedonik skala kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sucuk örnekleri 0.5 cm kalınlığında dilimlenerek kızdırılmış teflon tavada her iki yüzü 1 dk pişirilmiş, renk, tekstür, lezzet, yağlılık, ve genel kabul edilebilirlik kriterleri 10 panelist tarafından değerlendirilmiştir. Duyusal değerlendirme için kullanılan hedonik skala Çizelge 3.5'te sunulmuştur.

Çizelge 3.5 Pişmiş sucuk örneklerine ait duyusal değerlendirme hedonik skala örneği

ÖRNEK KODU	Renk	Çok iyi								Çok kötü
		9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Tekstür	Çok sert								Çok yumuşak
		9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Lezzet	Çok iyi								Çok kötü
		9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Yağlılık	Çok yoğun hissettim								Hiç hissetmedim
		9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Okside lezzet	Çok yoğun								Yok
		9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Genel kabul	Çok iyi								Çok kötü
		9	8	7	6	5	4	3	2	1

3.2.15. İstatistiksel Değerlendirme

Verilerin istatistiksel analizi ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri uygulanarak SPSS 23.0 paket programı kullanılarak %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Jel Emülsiyona Ait Analiz Sonuçları

Hazırlanan jel emülsiyonların termal ve santrifüj stabilitesi tayininde başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Emülsiyona ait pH, peroksit ve TBARS değerleri üçer paralelden analiz edilmiş olup ortalama değerleri ile birlikte ortalama damlacık çapı Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1 Emülsiyonların pH, Peroksit ve TBARS değerleri ve ortalama damlacık çapları

pH	Peroksit (meq O ₂ /kg)	TBARS (mg malonaldehit/kg)	Ortalama Damlacık Çapı ([D 4,3], µm)
6.91±0.01	11.47±2.75	2.18±0.27	2.38

Elde edilen bulgularda O/W soğuk jel emülsiyonlarına ait pH, peroksit, TBARS ve ortalama damlacık çapları sırasıyla 6.91±0.01, 11.47±2.75 meq O₂/kg, 2.18±0.27 mg malonaldehit/kg, 2.38 µm olarak ölçülmüştür.

Jel oluşumu için uygun pH değerlerinin 3.5 - 8.0 aralığında olması gerektiği bildirilmiştir (Jost et al., 1986). Jel emülsiyonların 5.0 ila 6.8 pH aralığında yüksek iyonik güce sahip olmaları damlacık agregasyonunu kolaylaştırarak daha büyük emülsiyon jel parçacıkları oluşmasını sağlamaktadır (Liu et al., 2019).

Yapılan bir araştırmada chia ve jelleştirici ajanlar (MTG, aljinat ve jelatin) ile hazırlanmış soğuk jel emülsiyonların pH değerlerinin 6.08 ila 6.93 aralığında olduğunu tespit edilmiştir (Pintado et al., 2015).

Yapılan bir çalışmada aljinat ve jelatinin birlikte kullanıldığı jel emülsiyonlarda, peroksit ve *p*-Anisidin değerleri incelenmiş, tek başlarına kullanımlarına kıyasla oksidatif stabilitesinin yüksek olduğu saptanmıştır. Bu etkinin aljinat ve jelatinin oksijen difüzyonunu geciktirici etkisinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Sato et al., 2014).

Balık yağı kullanılarak hazırlanan O/W emülsiyon ve hidrojel emülsiyonların TBARS değerlerinin benzer, ancak basit emülsiyonların daha yüksek peroksit değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir (Salcedo Sandaval et al., 2015).

Keten tohumu yağı kullanılarak hazırlanan BHT:O/W emülsiyonların peroksit değerleri, zeytinyağı ile hazırlananlara kıyasla daha düşük hesaplanmıştır (sırasıyla 2.86 meq O₂, 14.28 meq O₂). Aynı zamanda deneme deseninde melisa ekstraktının ve BHT'ye kıyasla oksidatif stabilitesinin daha yüksek olduğu raporlanmıştır (Poyato et al., 2013).

Yağ damlacıkları, gıda emülsiyonlarının optik özellikleri, lezzet profilini, reolojisini ve raf ömrünü etkilemektedir (Mun et al., 2009). Emülsifikasyon koşulları (pH, sıcaklık, protein/yağ oranı vb.) uygun olduğu durumlarda 1 mm'den daha küçük boyutta ve homojen emülsiyon damlacıkları oluşmaktadır. Küçük boyuttaki damlacıklar ile kararlı emülsiyon yapısı ortaya çıkmaktadır (Dickinson, 2010).

Zeytinyağı ile hazırlanmış O/W emülsiyonların yağ damlacık boyutunun homojen dağılım gösterdiği ve [D 4,3] değerlerinin $17.16 \pm 2.20 \mu\text{M}$ olarak ölçüldüğü bildirilmiştir (Di Mattia et al., 2009).

Keten tohumu yağı, zeytinyağı, Melisa ekstraktı (34.99 mg/100 g) ve BHA (14.67 mg/100g) ile hazırlanmış O/W ve W/O/W emülsiyonların ortalama parçacık çapları sırasıyla 2.92–12.71 μm ve 2.76–13.06 μm arasında değiştiği raporlanmıştır (Poyato et al., 2013).

4.2. Sucuk Hamuru Analiz Sonuçları

4.2.1. Kimyasal Kompozisyon

Çizelge 4.2'de sucuk hamurlarının ve üretimde kullanılan sığır etinin % nem, protein, yağ ve kül miktarları görülmektedir.

Çizelge 4.2 Sucuk hamuru kimyasal kompozisyon değerleri (% w/w)

Gruplar	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
K1	62.48 ^b ±1.31	18.63 ^a ±1.09	15.60 ^a ±0.33	2.79±0.08
K2	59.88 ^c ±0.44	19.10 ^a ±0.47	15.80 ^a ±0.53	2.81±0.02
JE1	64.65 ^a ±0.43	16.95 ^c ±0.52	15.86 ^a ±0.37	2.76±0.03
JE2	64.51 ^a ±0.14	18.15 ^{ab} ±0.51	12.08 ^b ±0.31	2.68±0.13

^{a,c} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Sucuk hamurlarının nem miktarının %59.88 ila 64.65 arasında değiştiği saptanmıştır. Emülsiyon hazırlık aşamasında eklenen suyun, jel emülsiyon kullanılmış sucuk hamur gruplarının nem içeriğini etkilediği gözlenmiştir. JE içeren sucuk hamurlarında nem miktarının kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). Benzer şekilde, Stajić et al. (2018), kuru fermente sosis formülasyonlarında keten tohumu yağını sıvı halde, enkapsüle ederek, aljinat ile hazırlanmış emülsiyon formunda ve soya protein izolatu ile hazırlanmış emülsiyon formunda kullanımını araştırmış, keten tohumu yağının emülsiyon formunda kullanılmasının örneklerin nem miktarında artışa neden olduğunu belirtmişlerdir.

JE emülsiyon miktarının azaltılması örneklerin nem miktarları arasında farklılığa neden olmamış, JE1 ve JE 2 örneklerinin nem miktarları benzer bulunmuştur. Sığır eti yağı miktarının azaltılması, nem miktarının da azalmasına neden olmuştur. En düşük nem miktarı K2 örneklerinde saptanmıştır (%59.88).

Sucuk hamurlarının protein miktarının %16.95 ila 19.10 arasında değerler aldığı görülmektedir. JE gruplarının protein miktarı kontrol gruplarına kıyasla daha düşük bulunmuştur. Protein miktarındaki bu farklılığın nem miktarındaki artışa bağlı olduğu düşünülmektedir. Yağın azaltılması kontrol grupları protein miktarında farklılık oluşturmamıştır. JE gruplarının protein ve yağ miktarı arasında belirgin bir ilişki olduğu saptanmıştır. JE eklenen örneklerde yağ miktarın azaltılması protein miktarının artmasına neden olmuştur. Ek olarak protein miktarındaki artışa emülsiyonda kullanılan yumurta beyazı tozu proteinlerinin de neden olduğu ileri sürülmektedir.

Sucuk hamurlarının yağ miktarları %12.08 ila 15.80 arasında değişmektedir. Formülasyona eklenen sığır et yağının %50 oranında azaltılması kontrol örneklerinin yağ miktarında önemli bir etkisi olmamıştır ($P>0.05$). Bu durum yağı azaltılmamış kontrol örneklerinde ısıtma işlemi sırasında bir miktar yağın sızmış olmasından kaynaklanmış olabilir. JE miktarının azaltılması yağ miktarının azalmasına neden olmuştur ($P<0.05$).

Sucuk hamurlarının kül miktarının %2.68 ila 2.81 aralığında olduğu belirlenmiştir. Kve JE örneklerinde kullanılan yağ çeşidi ve miktarı kül değerlerinde önemli bir farklılık oluşturmamıştır ($P>0.05$).

Frankfurter formülasyonunda soya yağı, soya protein izolatu, karragenan ve inülin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonunun domuz sırt yağı ikamesi olarak kullanımı örneklerin yağ miktarının azalmasını sağlarken, nem miktarını artırmış, protein ve kül miktarları değiştirmemiştir (de Souza Paglarini et al., 2018). Benzer sonuçlar Poyato et al. (2015)'nin burger köftesinde yapmış oldukları çalışmada da gözlenmiştir.

Taze sosislerde domuz yağı yerine, zeytin yağı, chia unu ve yulaf kepeği ile hazırlanan soğuk jel emülsiyonların kullanılması kül ve protein miktarlarını etkilemezken, nem miktarının artmasına, yağ miktarının ise azalmasına neden olmuştur (Pintado et al., 2018).

4.2.2. pH

pH, fermente et ürünlerinde tekstür gelişimi, kuruma hızı ve duyu özellikleri önemli oranda etkileyen bir faktördür. pH değeri yüksek olan sucuklar daha geç kurumaktadır. pH'nın yavaş düşmesi proteinlerin jel hale geçmesini engelleyerek ürün tekstürünü olumsuz etkilemektedir (Gökarp ve ark., 2004; İkonik et al., 2015). Sucuk hamurlarının pH değerleri Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge-4.3 Sucuk hamurlarının pH değerleri

Gruplar	pH
K1	5.74 ^c ±0,01
K2	5.74 ^c ±0.01
JE1	5.95 ^a ±0.01
JE2	5.81 ^b ±0.01

^{a,c} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Sucuk hamurlarında pH 5.74-5.95 arasında değişmektedir. Sığır et yağı ile hazırlanan K1 ve K2 örneklerinin pH değerleri benzer bulunurken, JE kullanılan örneklerin pH değerleri bu örneklerden daha yüksek bulunmuştur. En yüksek pH değerinin JE1 örneklerinde olduğu sağlanmıştır. JE gruplarına eklenen farklı pH değerlerine sahip bitkisel yağ kaynaklarının sucuk hamuru gruplarının pH değerlerini değiştirdiği düşünülmektedir. Kuru fermente sosis örneklerinde %26.3, 32.8 ve 39.5 oranlarında keten tohumu yağı ve karragenan ile hazırlanmış O/W jel emülsiyonların başlangıç pH değerlerinin 5.76-5.88 arasında değiştiği bildirilmiştir (Alejandre et al., 2016).

Sucuklarda farklı oranlarda emülsifiye fındık yağı kullanılan bir çalışmada sucuk hamurlarında pH değerinin 5.49 ila 5.59 arasında, olgunlaştırma işleminin sonunda ise 4.60 ile 4.82 arasında değiştiği bildirilmiştir (Yıldız-Turp and Serdaroğlu, 2008a).

Geçgel ve ark. (2016), bitkisel yağ ilave edilen sucukların pH değerlerinin sığır yağı kullanılan örneklerden daha yüksek olduğunu, pH değerleri arasındaki farklılıkların ilave edilen bitkisel yağların pH değerlerinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Yapılan çalışmalarda formülasyonda kullanılan emülsiyonun, örneklerin pH değeri üzerinde etkili olmadığı belirtilmiştir (Muguerza et al., 2002, Muguerza et al., 2003; Menegase et al., 2013; Stajić et al., 2018).

4.2.3. Su Aktivitesi (a_w)

Su aktivitesi fermente et ürünlerinde mikrobiyolojik güvenirliliğin sağlanmasında önemli bir etkidir. Su aktivitesi özellikle; mikroorganizmalar tarafından kullanılabilir suyun bir ölçüsüdür (Kaban and Kaya 2006). Sucuk hamurlarında ölçülen su aktivitesi (a_w) değerleri Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Çizelge 4.4 Sucuk hamurlarının su aktivitesi (a_w) değerleri

Gruplar	Su Aktivitesi (a_w)
K1	0.97 ^b ±0.02
K2	0.99 ^a ±0.00
JE1	0.93 ^c ±0.00
JE2	0.94 ^{bc} ±0.01

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0.05$).

Örneklerin a_w değerlerinin 0.93-0.99 aralığında görülmektedir. Şanes (2006), sucuk hamurları a_w değerlerinin 0.90-0.96 arasında olduğunu rapor etmiştir. Hamur örneklerinde JE kullanımı ve sığır et yağı miktarının azaltılması a_w değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ($P<0.05$). Gruplar arasında a_w değerleri sığır et yağı ile formüle edilen kontrol örneklerinde daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$), bu durumda yağ kaynağı olarak kullanılan jel emülsiyonların sucuk hamurlarında a_w değerlerini azaltıcı yönde etkili olduğu görülmektedir. Emülsiyon gruplarının düşük su aktivitesine sahip olması, emülsiyonda kullanılan yumurta beyazının antimikrobiyal etkisinden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir (İbrahim et al., 2005; Memarpoor-Yazdi et al., 2012), Verma et al. (2018), domuz yağı ve kan hidrolizatı ile hazırlanan emülsiyonda düşük olan a_w değerinin kan protein hidrolizatı ve su molekülü arasındaki bağlanmadan kaynaklı antimikrobiyal aktiviteden kaynaklandığı şeklinde yorumlamışlardır. Benzer sonuçların elde edildiği başka bir çalışmada, deve sütü kazein hidrolizatı kullanılarak hazırlanmış keçi eti emülsiyonlarında a_w değerlerinin daha düşük olmasının nedeninin formülasyonda bulunan protein hidrolizatlarının antimikrobiyal etkilerinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Kumar et al., 2016).

Formülasyona eklenen yağ miktarının azaltılması, sığır et yağı eklenen sucuk hamurlarının a_w değerlerinin daha yüksek olmasına neden olmuştur ($P<0.05$). Bu durumun JE formülasyonuna eklenen su ve suyu bağlayıcı özelliğe sahip yumurta beyazı tozunun kombine etkisinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada domuz köftelerinde artan oranlarda kullanılan tatlı patates tozunun a_w değerlerinde artışa neden olduğu gözlenmiştir (Verma et al., 2015). Kuru fermente tavuk sosislerinde farklı formülasyonlar oluşturularak hazırlanmış emülsifiye mısır yağının yağ ikamesi olarak kullanıldığı çalışmada yağ girdisinin ve depolamanın su aktivitesi değerlerini etkilemediği bildirilmiştir (Menegas et al., 2013).

4.2.4. Toplam asitlik

Literatürde laktik asit bakterilerinin, glikoliz metabolizması yoluyla laktik asit üretebildiği ve pH'ın düşmesine neden olduğu belirtilmektedir. Laktik asit oluşumu ve düşük pH'ın patojen mikroorganizmaların üremesini engelleyici etki gösterdiği bilinmektedir (Kusuma et al., 2017). Sucuk hamurlarının düşük asitliğe sahip olması ürünlerin kurumasını yavaşlatmaktadır ve yavaş kuruyan sucuklarda tekstürel problemler meydana gelmektedir (Ikonic et al., 2015). Sucuk hamurlarının toplam asitlik değerleri Çizelge 4.5'te görülmektedir.

Çizelge 4.5 Sucuk hamurlarının toplam asitlik değerleri

Gruplar	Toplam Asitlik (%Laktik asit)
K1	0.41 ^b ±0.01
K2	0.36 ^c ±0.00
JE1	0.53 ^a ±0.01
JE2	0.41 ^b ±0.01

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Örneklerin toplam asitlik değerinin laktik asit cinsinden %0.36-0.53 aralığında değiştiği görülmektedir. Ensoy (2004), hindi sucuğu hamurlarının toplam asitlik değerlerinin %0.70 ila %0.74 arasında olduğunu belirlemiştir bu farklılık formülasyonda kullanılan et kaynağının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Sucuk hamurlarında başlangıç asitlik değerlerinin

fermentasyon ve olgunlaştırma öncesinde oldukça düşük değerler aldığı görülmektedir. Asit oluşumu fermentasyon prosesiyle başlamakta ve yeterli organik asit üretimi sonucu pH 5,1'in altına düşmektedir. Aşırı asit oluşumu üründe renk kusurlarına bazen de gaz oluşumuna sebebiyet vermektedir (Ammor ve Mayo 2007).

Toplam asitlik, yağ çeşidi ve miktarından etkilenmiştir. JE eklenen örneklerde asitlik değerlerinin sığır et yağı eklenen kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). En yüksek asitlik değerinin %50 jel emülsiyon içeren (JE1) grupta olduğu belirlenmiştir (%0.53). JE gruplarının yüksek asitliğe sahip olmasının muhtemel nedeninin kullanılan bitkisel yağlar olabileceği düşünülmektedir. Yağ miktarının azaltılmasıyla, grupların toplam asitlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gözlenmiştir ($P<0.05$). K1 deneme grubu ile yağ kaynağı olarak %20 oranında O/W JE içeren deneme grubunun (JE2) toplam asitlik değerleri benzer bulunmuştur.

4.2.5. Serbest Yağ Asitliği

Serbest yağ asitliği (SYA); lipoliz enzim aktivitesi, sıcaklık ve nem gibi dış faktörlerin etkisi ile yağ asitlerinin ester bağlarının parçalanması sonucu serbest hale geçen yağ asitlerinin oluşturduğu asitliktir (Soyer and Ertaş, 2007). Sucuk hamurlarının serbest yağ asitliği değerleri Çizelge 4.6'da sunulmaktadır.

Çizelge 4.6 Sucuk hamurlarının serbest yağ asitliği değerleri

Gruplar	Serbest Yağ Asitliği (%Oleik asit)
K1	2.45 ^b ±0.32
K2	1.76 ^b ±0.60
JE1	1.69 ^b ±0.58
JE2	3.44 ^a ±0.02

^{a,b} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Örneklerin serbest yağ asitliği değerleri oleik asit cinsinden %1.69 ila 3.44 arasında değişmektedir. K1, K2 ve JE1 gruplarının benzer SYA değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Sığır et yağı miktarının azaltılması SYA değerlerinde

değişikliğe neden olmamıştır ($P>0.05$). JE emülsiyon gruplarında yağın azaltılması SYA değerlerini etkilemiş, oleik asit cinsinden en yüksek SYA değerinin (%3.44) %20 JE içeren sucuk hamurlarında (JE2) olduğu kaydedilmiştir. JE2 gruplarında meydana gelen bu artışın formülasyonda kullanılan yer fıstığı ve keten tohumu yağının yüksek oranda oleik asit içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sucuk örnekleri yağ oranının %10, 20, 30 oranında azaltıldığı çalışmada, yağ oranının düşürülmesiyle serbest yağ asitliği değerlerinin de düştüğü tespit edilmiştir (Soyer ve Ertaş, 2007).

4.2.6. Peroksit

Peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsü olup “1 kg yağdaki aktif oksijenin mikrogram cinsinden miktarı” olarak ifade edilirler. Peroksitler, birincil oksidasyon ürünleridir, oksidasyonun ilerleyen aşamalarında ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşmasında substrat olarak görev alarak azalır.

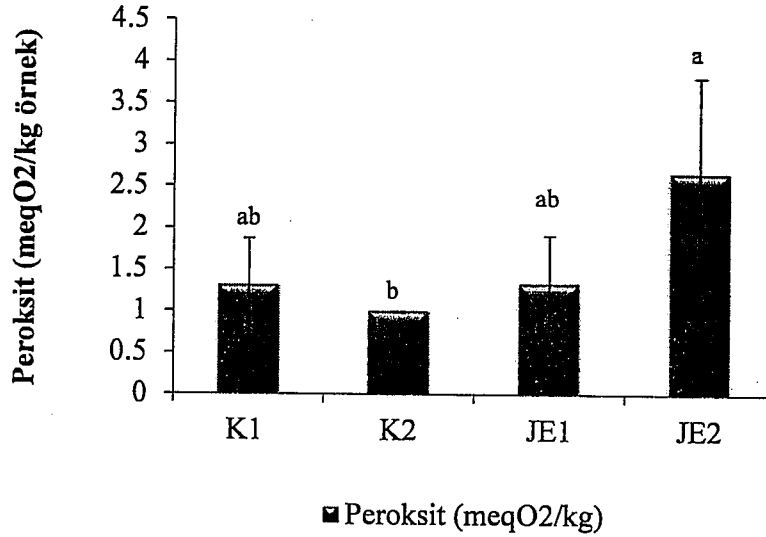
Çizelge 4.7 Sucuk hamurlarının peroksit (meqO_2/kg) değerleri

Gruplar	Peroksit (meqO_2/kg)
K1	1.31 ^{ab} ±0.56
K2	0.99 ^b ±0.01
JE1	1.33 ^{ab} ±0.58
JE2	2.66 ^a ±1.15

^{a,b} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Örneklerin peroksit sayısı 0.99-2.66 $\text{meq O}_2/\text{kg}$ örnek aralığındadır. . Sığır et yağı miktarındaki azaltmanın, peroksit değerlerini önemli ölçüde etkilemediği görülmektedir. Çizelge 4.7’de K1 ve JE1 hamur örneklerinin benzer peroksit değerlerine sahip olduğu görülmektedir ($P>0.05$). En yüksek peroksit değerinin %20 JE kullanılan JE2 hamur örneklerinde olduğu belirlenmiştir (2.66 meqO_2/kg). JE gruplarındaki K örneklerine oranla daha yüksek peroksit değerlerinin yüksek doymamışlık derecesine sahip keten tohumu yağından, ve/veya emülsiyon hazırlama aşamasında hızlı devirde karıştırma nedeniyle,

sıcaklık artışına bağlı oksidasyonun artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sucuk hamurlarının peroksit (meqO_2/kg) değerleri Şekil 4.1’de sunulmuştur.



Şekil 4.1 Sucuk hamurlarının peroksit (meqO_2/kg) değerleri

4.2.7. TBARS

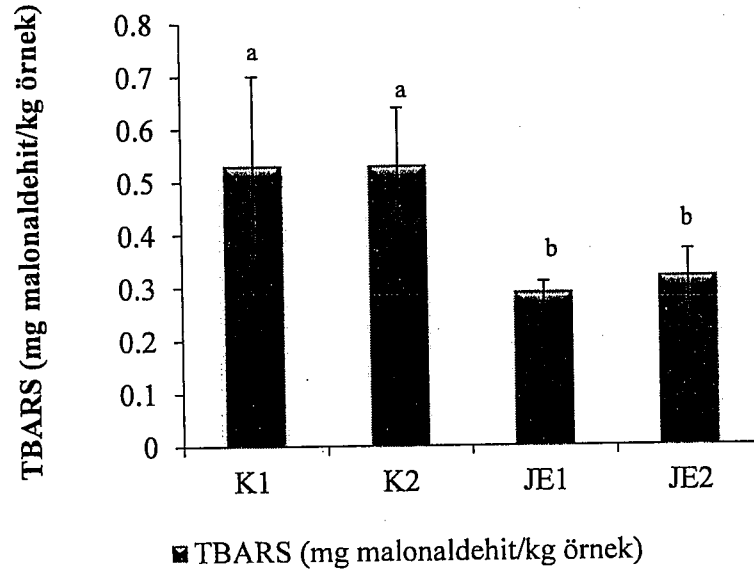
Fermente et ürünlerinde lipitlerde meydana gelen değişiklikler ürüne özgü karaktere katkıda bulunmakla birlikte, ransit tat ve toksik bileşiklerin oluşumuna ayrıca besin ve damlama kayıplarında artma gibi istenmeyen değişikliklere de neden olmaktadır (Contini et al., 2014; Falowo et al., 2014). İkincil oksidasyon ürünlerinden olan malonaldehitler (MDA) ve uçucu bileşikler, TBARS analizi ile 1 kg örnekte mg malonaldehit cinsinden belirlenebilmektedir (Papastergiadis et al., 2012). Sucuk hamurlarının TBARS (mg malonaldehit/kg örnek) değerleri Çizelge 4.8’de ve Şekil 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.8 Sucuk hamurlarının TBARS (mg malonaldehit/kg örnek) değerleri

Gruplar	TBARS (mg malonaldehit/kg örnek)
K1	0.53 ^a ±0.17
K2	0.53 ^a ±0.11
JE1	0.29 ^b ±0.02
JE2	0.32 ^b ±0.05

^{a,b} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0.05$).

Örneklerin TBARS değerleri 0.29-0.53 mg malonaldehit/kg örnek aralığında değişmektedir. Kuru fermente sosislerde lipit oksidasyonunda, sosis hamurunun kompozisyonu, etin parçalanma derecesi, pH ile tuz, nitrit, baharat ve antioksidan gibi değişik katkıları etkili olmaktadır (Ordenez et al. 1999). JE örneklerinin TBARS değerleri sığır et yağı ile formüle edilen K1 ve K2 örneklerinden daha düşük bulunmuştur. Bu durumun jel emülsiyon formülasyonunda kullanılan yumurta beyazı proteinlerinin antioksidan etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Chen et al., 2012; Memarpoor-Yazdi et al., 2012).



Şekil 4.2 Sucuk hamurlarının TBARS (mg malonaldehit/kg örnek) değerleri

Kumar et al. (2016), keçi eti emülsiyonlarında kullanılan kazein protein hidrolizatlarının, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinden dolayı lipit oksidasyonunu azaltabildiğini göstermektedir.

Yağ miktarının azaltılması kontrol ve JE gruplarının TBARS değerlerinde değişime neden olmamıştır. Bu bulgulardan farklı olarak, Öven et al. (2017), ısıtıl işlem görmüş fermente sucuk formülasyonlarında artan yağ miktarına bağlı olarak TBARS değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir.

Türk fermente sucuklarda %15, 30 ve 50 emülsifiye fındık yağı kullanımının hamur örnekleri TBARS değerleri arasında değişkenlik göstermediği saptanmıştır (Yıldız-Turp and Serdaroğlu, 2008a). Benzer sonuçlar interesterifiye hurma çekirdeği yağı kullanılan Türk kuru fermente sosislerin hamur örneklerinde de gözlenmiştir (Özer and Kılıç, 2017).

Frankfurter tip et ürünlerinde interesterifiye bitkisel yağın %25, 50, 75 ve 100 oranlarında hayvansal yağ ikamesi olarak kullanımının TBARS değerlerinin kontrol gruplarına kıyasla artırdığı saptanmıştır (Özer and Kılıç, 2018).

4.3. Son Ürün Analizleri Sonuçları

4.3.1. Kimyasal Kompozisyon

Isıl işlem görmüş sucuklara ait kimyasal kompozisyon değerleri Çizelge 4.9'da sunulmuştur. Isıl işlem görmüş sucukların nem miktarının %47.30-52.68 aralığında değiştiği görülmektedir. Yapılan çalışmalar fermantasyon işleminin etkisi ile suyun uzaklaşması neticesinde örneklerin nem kaybettiğini göstermektedir (Kaban, 2007; Denктаş, 2010; Arıkan 2011).

Çizelge 4.9 Isıl işlem görmüş sucuklara ait kimyasal kompozisyon değerleri (% w/w)

Gruplar	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
K1	47.30 ^c ±1.11	23.80 ^a ±0.58	24.97 ^a ±0.54	3.72 ^b ±0.03
K2	49.85 ^b ±1.31	22.74 ^b ±0.51	23.10 ^b ±1.35	3.85 ^b ±0.02
JE1	52.68 ^a ±1.31	24.24 ^a ±0.26	19.18 ^c ±0.92	3.95 ^b ±0.13
JE2	51.63 ^{ab} ±0.66	23.89 ^a ±0.64	18.16 ^c ±0.83	4.42 ^a ±0.21

^{a,c} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği'ne göre, ısıtıl işlem görmüş kaliteli bir sucukta en fazla %50 nem bulunmalıdır (TGK, 2012), jel emülsiyon eklenen örneklerin nem değerleri bu değerden daha yüksek bulunmuştur. JE eklenen örneklerin kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek nem miktarına sahip olduğu görülmektedir ($P<0.05$). En yüksek nem miktarının (%52.68) %10 jel

emülsiyon kullanılmış grupta (JE1) olduğu saptanmıştır JE gruplarında daha yüksek olarak saptanan nem değerinin jel emülsiyon formülasyonunda bulunan su ve suyu bağlayıcı özelliğe sahip yumurta beyazı proteinlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Coşkuner ve ark (2010), geleneksel fermente sucuklarda nem miktarının 7 gün kurutma ve olgunlaştırma işlemi sonrasında %32.8 değerine düştüğünü belirtmektedir. Kayaardı and Gök (2004), ön emülsiyeye zeytinyağı kullanılarak hazırlanmış sucuk örneklerinin ortalama nem değerlerini 21 günlük fermentasyon ve olgunlaştırma işlemi sonunda %59.14'ten %36.49'a düştüğünü belirlemiş, zeytinyağının nem değerlerine önemli bir etkisi olmadığını saptamışlardır. Benzer olarak Yıldız-Turp and Serdaroğlu (2008a), hayvansal yağ ikamesi olarak kullanılan farklı bitkisel kaynaklı yağların son ürün nem miktarını artırdığı sonucunu ortaya koymuştur.

Et ve et ürünleri protein içeriği bakımından oldukça zengin gıdalar arasındadır. Türk gıda kodeksi et ve et ürünleri tebliğine göre ısıtma işlemi görmüş sucuğun protein değeri kütleye en az %14 olmalıdır (TGK, 2012). Çalışmamızda ısıtma işlemi görmüş sucukların protein değerleri % 22.74-24.24 aralığında olduğu saptanmıştır. %20 sığır et yağı kullanılan grup (K1) ile JE kullanılan grupların protein değerleri benzer olup ($P>0.05$), %10 sığır et yağı kullanılan gruplarının protein değerlerinin daha düşük olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). Kontrol gruplarında yağ miktarının %50 oranında azaltılması, nem miktarını artırırken protein miktarlarının azalmasına neden olmuştur. %10, %20 ve %30 oranında aspir yağı, ceviz yağı, fındık yağı ve zeytinyağı ilave edilen sucuklar ile kontrol grupları arasındaki %protein oranları farkı istatistikî olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Ay, 2015). Nacak (2015), %15 ve %30 oranlarında zeytinyağı kullanılan ısıtma işlemi görmüş sucuk örneklerinin protein miktarlarının %25.11-33.81 arasında olduğunu, ısıtma işlemi ve kurutma sonunda ürünün nem miktarındaki azalmaya bağlı olarak protein miktarında önemli düzeyde artma meydana geldiğini belirtmiştir.

Son üründe yağ miktarlarının %18.16-24.97 aralığında olduğu saptanmıştır. JE kullanılması, beklenildiği üzere, yağ miktarının önemli düzeyde azaltılmasında etkili olmuştur ($P<0.05$). Sığır et yağı eklenen örneklerin JE örneklerine kıyasla daha yüksek yağ içerdiği belirlenmiştir ($P<0.05$). En yüksek yağ miktarı %20 sığır et yağı kullanılan kontrol gruplarında (K1) olduğu tespit edilmiştir (%24.97).

Yağ miktarının azaltılması kontrol gruplarında başarılı sonuç vermiş, JE gruplarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık oluşturamamıştır. Bu nedenle yağ kaynağı olarak emülsiyon kullanımının sucuklarda yağ içeriğini azaltma konusunda başarı sağladığı görülmektedir. Kuru fermente tavuk sosislerinde hayvansal yağın azaltılması amacıyla %9 ve 17 oranlarında emülsiye edilmiş mısır yağı kullanılan bir çalışmada, artan oranlarda emülsiyon kullanımına bağlı olarak yağ miktarı azalırken nem miktarının arttığı tespit edilmiş, protein ve kül miktarlarında ise değişiklik saptanamamıştır (Menegas et al., 2013). Alg yağı ve karragenan içeren jel emülsiyonların domuz yağı ikamesi olarak kullanıldığı köfte örneklerinde yağ miktarında azalma gözlenirken, nem miktarının daha yüksek olduğu raporlanmıştır (Alejandre et al., 2017). Farklı et ürünlerinde çeşitli emülsiye bitkisel yağların kullanıldığı çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir (Alejandre et al., 2016; Özer and Kılıç, 2017).

Isıl işlem görmüş sucukların kül değerlerinin %3.37-4.42 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Sığır et yağı eklenen sucuklar (K1 ve K2) ve %10 JE kullanılan grupların kül miktarları benzer olup ($P>0.05$), %20 JE kullanılan örneklerin kül miktarları bu örneklerden daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Kuru fermente sosislerde interesterifiye hurma çekirdeği yağının %25, 50, 75 ve 100 oranlarında kullanıldığı çalışmada kül miktarının %3.61-3.73 arasında ve benzer olduğu belirlenmiştir (Kılıç and Özer, 2017).

4.3.2. pH

Son ürünlerde pH değerlerinin 5.28-5.59 aralığında olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 Isıl işlem görmüş sucuklara ait pH değerleri

Gruplar	pH
K1	5.28 ^d ±0.06
K2	5.44 ^b ±0.01
JE1	5.59 ^a ±0.01
JE2	5.37 ^c ±0.03

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Et ürünlerinde gerçekleşen fermentasyonda laktik asit bakterilerinin asıl görevi hızlı bir pH düşüşü sağlamaktır. Böylelikle patojenler inaktif hale gelerek ürün güvenliği sağlanır, istenmeyen mikroorganizmalar veya biyolojik olmayan reaksiyonlar yüzünden meydana gelen arzulananmayan değişiklikler engellenerek ürün stabilitesi ve uzun raf ömrü kazandırılır (Lücke, 2000b). Son üründe en düşük pH değerinin %20 sığır et yağlı örnekte (K1) olduğu gözlenmiştir (5.28). JE örneklerinin pH değerlerinin sığır et yağı ile hazırlanan K1 ve K2 örneklerine oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. K1 ve K2 örneklerinde yağ miktarının azaltılması pH değerlerinin daha yüksek olmasına neden olmuştur ($P<0.05$). Diğer taraftan JE1 örneklerinin pH değerlerinin JE2 örneklerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiş ($P<0.05$), yağı azaltılan JE gruplarının pH değerlerinde azalma gözlenmiştir.

Ünal ve Karakaya, (2017), formülasyonlara farklı hayvansal yağ çeşitleri ilave ederek üretilen, sucuk örneklerinin ortalama pH değerlerinin 5.34 ile 5.74 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Emülsifiye keten tohumu yağı kullanılan kuru fermente sosislerin depolama başlangıcında pH değerlerinin 5.17–5.21 aralığında olduğu ($P>0.05$) ve emülsifikasyon işleminin pH değerlerini değiştirmedığı gözlenmiştir (Alejandre et al., 2016). Elde edilen sonuçlara paralel olarak Stajić et al. (2018), sıvı halde keten tohumu yağı, enkapsüle veya emülsiye formu (aljinat ve soya protein izolatu) ile formüle ettikleri kuru fermente sosislerin pH değerinin 5.28 ila 5.35, 30 günlük depolama sonunda 5.29 ila 5.37 arasında değiştiğini ve örnekler arasında fark bulunmadığı tespit edilmiştir.

İnteresterifiye hurma çekirdeği yağının fermente sucuk örneklerinde kullanım oranının artışına bağlı olarak pH değerlerini düşürdüğü, 30 günlük depolama periyodu sonunda kontrol örneklerine benzer pH değerlerinin gözlemlendiği rapor edilmiştir. (Özer and Kılıç, 2017). Formülasyona eklenen bitkisel yağın pH değerinin ürün pH'sı üzerine etkisi olduğu düşünülmektedir.

Šojić et al. (2015), pişirilmiş sosis örneklerinde küçük hindistan cevizi (*Myristica fragrans*) esansiyel yağı kullanımının pH değerlerini kontrol grubuna kıyasla artırdığını tespit etmişlerdir.

4.3.3. Su Aktivitesi (a_w)

Sucuk ve benzeri kurutulmuş fermente et ürünleri, taze et, salam, sosis, gibi et ürünlerine kıyasla daha düşük pH ve a_w değerine sahiptir (Karakaya, 2012). Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerleri Çizelge 4.11'de sunulmuştur.

Çizelge 4.11 Isıl işlem görmüş sucuklara ait su aktivitesi (a_w) değerleri

Gruplar	Su Aktivitesi (a_w)
K1	0.93 ^a ±0.01
K2	0.93 ^a ±0.01
JE1	0.90 ^b ±0.01
JE2	0.94 ^a ±0.01

^{a,b} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Örneklerin a_w değerleri 0.90-0.94 arasında olup, kurutma ve ısıtma işlem sonrası serbest suyun uzaklaşması sonucu a_w değerlerinin azaldığı saptanmıştır. K1, K2 ve JE2 örneklerinin a_w değerleri benzer olup ($P>0.05$), en düşük a_w değerlerinin (0.90) %10 JE kullanılan grupta (JE1) olduğu saptanmıştır. Yağ miktarının azaltılması sığır et yağı içeren örneklerin a_w değerlerine etkili bulunmazken, JE oranının azaltılması ile a_w değeri daha yüksek bulunmuştur. Palamutoğlu and Sarıçoban (2016), kollajen hidrolizatı kullanılan sucuklarda a_w değerinin 14. günde 0.90 değerinin altına düştüğünü bildirmişlerdir.

Sucuklarda su aktivitesi değeri, genellikle 0.90'nın altında iken, ısıtma işlem görmüş sucuk (yarı-kuru fermente) örneklerinde bu değer 0.885-0.926 arasında değişmektedir (Kaban and Kaya 2006; Ünal ve Karakaya, 2017).

Fermente sosislerde yapılan bir çalışmada O/W emülsiyon ile birlikte biberiye ekstraktı kullanılmış, aw değerlerinin son üründe 0.939-0.940, 21 günlük depolama sonunda ise 0.887-0.898 aralığında değiştiği rapor edilmiştir (Erdmann et al, 2017)

4.3.4. Toplam Asitlik

Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinin toplam asitlik değerlerinin %0.56-0.83 aralığında değerler aldığı görülmektedir (Çizelge 4.12)

Çizelge 4.12 Isıl işlem görmüş sucuklara ait toplam asitlik değerleri

Gruplar	Toplam Asitlik (%Laktik asit)
K1	0.72 ^b ±0.04
K2	0.56 ^c ±0.01
JE1	0.83 ^a ±0.01
JE2	0.81 ^a ±0.02

^{a,c} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p<0.05).

Gruplar arasında % laktik asit cinsinden en düşük asitlik değerinin %10 sığır et yağı kullanılan grupta (K2) olduğu belirlenmiştir (%0.56). JE örneklerinin toplam asitlik değerlerinin, pH değerlerine paralel olarak, kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Meydana gelen bu farklılığın emülsiyonda kullanılan yer fıstığı yağı ve keten tohumu yağından kaynaklanmış olması muhtemeldir.

Mateo et al. (1996), İspanyol fermente sosisi olan Chorizo'da başlangıçta önemsiz düzeyde olan D-laktik asit içeriğinin üretimin 3. gününden itibaren attığını, en fazla artışın üretimin 3. ve 7. günleri arasında (0,2'den 5,5 mg/g KM'ye) olduğunu bulmuşlardır. Yağ miktarı azaltılan JE2 örneğinin toplam asitlik değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiş (P>0.05), sığır et yağının azaltılması ise asitlik değerinde azalmaya neden olmuştur (P<0.05). Gözlenen en düşük toplam asitlik değeri (%0.56) %10 sığır et yağı ile formüle edilen K2 örneklerine aittir.

%20 ila 50 arasında farklı oranlarda hayvansal yağ kullanılarak hazırlanmış sucuk örneklerinin laktik asit miktarları %0.57-0.72 aralığında tespit edilmiştir (Öven et al., 2017).

Farklı hayvansal yağ kaynakları ile hazırlanan sucuk örneklerinin laktik asit miktarlarının %0.40 ila 0.76 arasında değiştiği gözlenmiştir. Sucuk gruplarına %0.2 karanfil veya %0.5 tarçın ilavesinin % laktik asit miktarlarını azalttığı rapor edilmiştir (Ünal ve Karakaya, 2017).

4.3.5. Serbest Yağ Asitliği

Isıl işlem görmüş sucuklara ait serbest yağ asitliği değerleri Çizelge 4.13'te sunulmaktadır. Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinin son ürün serbest yağ asitliği değerlerinin %2.76-8.47 arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.13 Isıl işlem görmüş sucuklara ait serbest yağ asitliği değerleri

Gruplar	Serbest Yağ Asitliği (%Oleik asit)
K1	5.61 ^{ab} ±0.27
K2	2.76 ^b ±0.97
JE1	5.43 ^{ab} ±0.05
JE2	8.47 ^a ±2.95

^{a,b} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Yağ kaynağı olarak JE ile formüle edilen örneklerin serbest yağ asitliği değerleri, sığır et yağı kullanılan örneklere oranla daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Gruplar arasında en yüksek değerin (%8.47) %20 JE kullanılan örneklerde (JE2) olduğu saptanmıştır. Bu durumun, yüksek doymamışlık derecesine sahip bitkisel yağların yapısında meydana gelen yüksek oranda parçalanmadan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Sucuklarda lipoliz sonucu ortaya çıkan oksidasyona maruz kalmamış serbest yağ asitlerinin ürünün ekşi tadı üzerine olumlu etkisi bulunmaktadır, serbest yağ asitleri zamanla ürün-lezzeti üzerine etkili olan bileşiklere parçalanırlar (Soriano

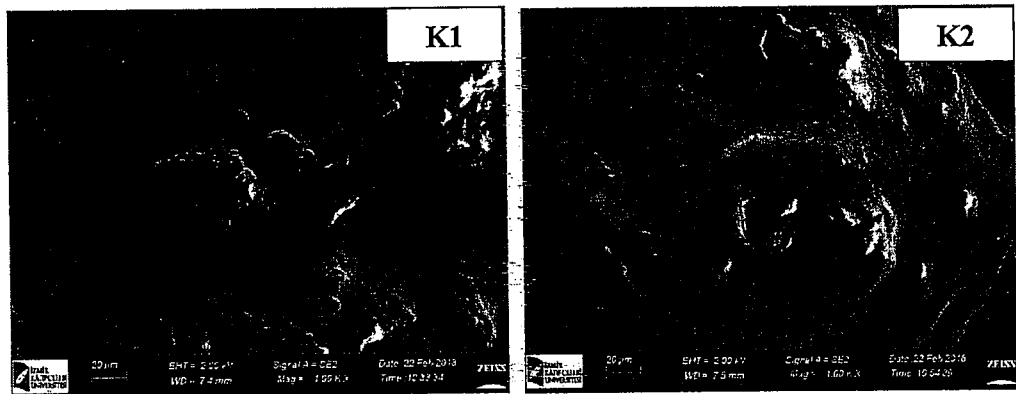
et al., 2007, Geçgel ve ark., 2016). Kuyruk yağı, iç yağı, kabuk yağı ve bu üç yağın paçal yapılarak üretildiği sucuk örneklerinin serbest yağ asitliği değerlerinin %1.46-1.53 arasında değişim gösterdiği ve en yüksek değerin kuyruk yağı ile hazırlanmış sucuk gruplarında (%1.07) olduğu rapor edilmiştir (Ünal ve Karakaya, 2017).

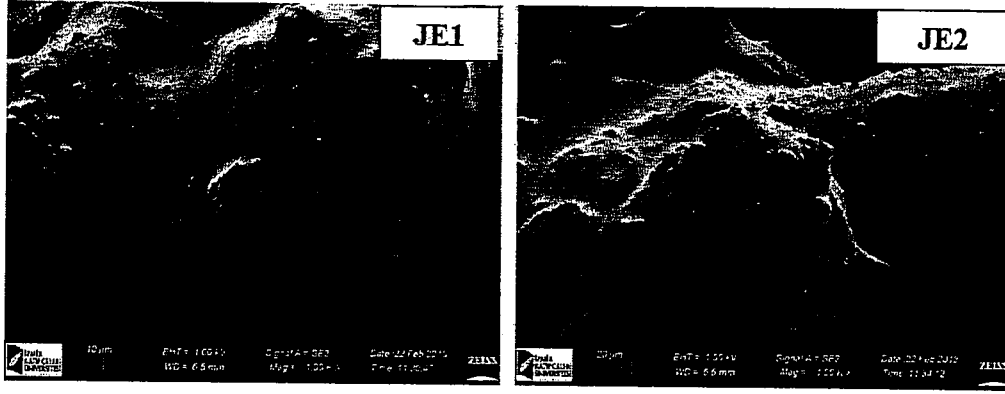
Formülasyonda sığır et yağı miktarının azaltılması, serbest yağ asitliği değerlerinde azalma kaydedilmiştir. Bu azalmanın asitlik artışında substrat niteliğinde olan yağ asitlerinin oksidasyon tepkimeleri ile kaybına bağlı olduğu ileri sürülmektedir. Soyer (2005), farklı yağ miktarları ve farklı olgunlaşma sıcaklıklarının sucuk kalitesine etkilerini incelediği çalışmasında yağ miktarının artmasının serbest yağ asitliği değerinde artışa neden olduğunu belirtmiştir.

JE2 gruplarında artan emülsiyon miktarı, buna bağlı olarak artan doymamış yağ asitleri miktarı, SYA değerlerinde artışa neden olmuştur. İspanyol fermente sosislerinde %10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında ön emülsifiye (soya proteini) zeytinyağı, domuz sırt yağı ikamesi olarak kullanılmış ve artan emülsiyon konsantrasyonlarda % oleik asit miktarının da arttığı tespit edilmiştir (Muguerza et al., 2001).

4.3.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Isıl işlem görmüş sucukların SEM görüntüleri Şekil 4.3'te sunulmaktadır.





Şekil 4.3 Isıl işlem görmüş sucukların taramalı elektron mikroskobu görüntüleri

Yağ kaynağı olarak yer fıstığı yağı ve keten tohumu yağı içeren jel emülsiyonların kullanımının, sığır et yağı kullanılan formülasyonlara kıyasla daha gözenekli ve süngerimsi bir ağ yapısının oluşmasına neden olduğu gözlenmektedir. Bu sonuç, matriksteki protein-yağ etkileşimleri ile ilişkilendirilebilir. Gözenekli yapının jel emülsiyon içeren örneklerde daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Genel olarak formülasyonda yağ miktarının azaltılması ve elektron mikrograflarının görünümünü önemli düzeyde değiştirmemiştir.

Sığır et yağı içeren örneklerde her iki yağ oranında da yapının daha tekdüze olduğu, bir başka deyişle gözenekli yapı oluşumunun soğuk jel emülsiyon sistemlerini içeren örneklere kıyasla daha zayıf olduğu göze çarpmaktadır. Jel emülsiyon eklenen örneklerde kullanılan her iki oranda da görünümlerinin birbirine benzer olduğu gözlenmektedir.

Et ürünlerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde; formülasyonda JE kullanımının süngerimsi yapının kaybolmasına neden olduğu, mikrobiyal transglutaminaz enzimi kullanımının daha süngerimsi yapı ve kavitasyon oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir (Jiménez-Colmenero et al., 2010; Delgado-Pando et al., 2011). Tavuk köftelerinde transglutaminaz enziminin jel ağ yapısına olan etkisi incelenmiş, transglutaminaz eklenen grupların kontrol gruplarına kıyasla daha sıkı ve düzenli bir yapı sergiledikleri belirlenmiştir (Tseng et al., 2000). Benzer şekilde Uran (2013), tavuk köftelerinde artan transglutaminaz konsantrasyonuna bağlı olarak ağ yapısının sıkılaştığını tespit etmiştir.

Yapılan bir çalışmada jelleştirilmiş et emülsiyon sistemlerinde polifenoller, karotenoidler ve tokoferoller gibi antioksidan bileşiklerce zengin üç farklı türde Sea Spagetti (*Himanthalia elongata*), Wakame (*Undaria pinnatifida*) ve Nori (*Porphyra umbilicalis*) deniz yosunlarının kuru madde % 2.5 ve % 5 konsantrasyonda etkisi araştırılmıştır. Genel olarak, deniz yosunlarının varlığı kontrol gruplarına kıyasla daha heterojen ve süngersi bir protein matriksinin oluşmasına ve dolayısıyla daha iyi su ve yağ bağlama özelliklerine sahip daha sert jel emülsiyon ağlarının oluşumu sağlanmıştır (Cofrades et al., 2008).

4.3.7. Doku Profil Analizi (TPA)

Et ürünleri formülasyonuna eklenen hayvansal yağlar üründe sertlik, esneklik, yapışkanlık, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik gibi dokusal özellikler üzerinde önemli rol oynamaktadırlar (Fernández-Ginés et al., 2005; Yıldız-Turp and Serdaroğlu, 2008a). Deneme örneklerinin sertlik, esneklik, yapışkanlık, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri analiz edilmiş olup analiz sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14 Isıl işlem görmüş sucuklara ait doku profili analiz sonuçları

Gruplar	Sertlik (N)	Esneklik (mm)	Yapışkanlık	Sakızimsılık (N)	Çiğnenebilirlik (N mm)
K1	150.71 ^c ±4.77	0.62±0.01	0.23 ^b ±0.01	34.25 ^c ±1.58	21.30 ^c ±0.94
K2	148.51 ^c ±19.42	0.67±0.06	0.25 ^b ±0.04	36.52 ^c ±8.70	24.37 ^{bc} ±6.35
JE1	193.31 ^b ±1.62	0.62±0.02	0.25 ^b ±0.01	47.93 ^b ±1.46	29.78 ^b ±0.90
JE2	224.06 ^a ±6.93	0.62±0.01	0.30 ^a ±0.01	66.88 ^a ±3.54	41.84 ^a ±2.75

^{a,c} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Sucuk formülasyonlarında yağ kaynağı olarak JE kullanımının ölçülen doku profili parametrelerinde esneklik değerleri hariç anlamlı fark oluşturduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri JE içeren örneklerde iki farklı oranda sığır et yağı içeren örneklerle kıyasla daha yüksek bulunmuştur ($P<0.05$).

K1 ve K2 örneklerine kıyasla, JE1 ve JE2 örneklerinde gözlenen yüksek sertlik değerlerinin soğuk jel yöntemi ile oluşturulan emülsiyonlarda kullanılan MTG enziminin proteinlerle çapraz bağlanarak jelleşme özellikleri ve dolayısıyla ürünün reolojik karakterini değiştirme özelliğinden kaynaklanmaktadır (Muguruma et al., 2003). Sığır et yağı miktarının azaltılması, sertlik değerlerini etkilemezken, JE oranının azaltılması sertlik değerlerinde artışa neden olmuştur.

Sucuk örneklerinin esneklik parametresi 0.62-0.67 mm arasında değişmekte olup, istatistiksel açıdan yağ kaynağı ve miktarından etkilenmediği bulgulanmıştır ($P>0.05$).

Sucuk örneklerindeki yapışkanlık değeri sucukların kolaylıkla kesilebilme özelliğini gösteren bir ölçüttür (Nowak et al., 2007). K1, K2 ve JE1 gruplarının yapışkanlık değerleri benzer olup ($P>0.05$), formülasyonda artan JE kullanımına bağlı olarak yapışkanlık değerlerinin de arttığı saptanmıştır ($P<0.05$). JE2 örneklerinin yapışkanlık değerleri 0.30 bulunmuştur.

JE eklenen sucuklarda sakızimsılık değeri yüksek olup, en yüksek sakızimsılık değeri (66.88N) JE2 örneklerinde tespit edilmiştir. Sığır et yağı eklenen sucukların sakızimsılık değeri her iki yağ miktarında benzer bulunmuştur.

Benzer olarak çiğnenebilirlik değerlerinin de emülsiyon eklenen örneklerde daha yüksek olduğu bulgulanmış, en yüksek değer (41.84 Nmm) JE2 örneklerinde ölçülmüştür. Artan emülsiyon miktarı JE örneklerinin çiğnenebilirlik değerlerini artırmıştır. Bu bulgulara benzer olarak, formülasyonda farklı yosun tipleriyle hazırlanmış jel emülsiyonların kuru madde %2.5 ve % 5 konsantrasyonda et sistemlerine taşındığı bir çalışmada jel emülsiyon gruplarının kontrol gruplarına kıyasla yapışkanlık ve esneklikte doku özelliklerinde azalmaya neden olmuşken, kullanılan konsantrasyona paralel olarak jel emülsiyonlu grupların sertlik ve çiğnenebilirlik doku özelliklerinde artış meydana geldiği bildirilmiştir (Cofrades et al., 2008).

Farklı O/W emülsiyonların domuz yağı ikamesi olarak kullanılmasının sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerinin kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek olduğu benzer çalışmalarda da rapor edilmiştir (Jiménez-Colmenero et al., 2010; Pintado et al., 2016; Zhuang et al., 2016; Herrero et al., 2017).

Bologna sosislerinde emülsiye edilmiş balık yağının %1, 2, 3, 4 ve 6 oranlarında hayvansal yağ ikamesi olarak kullanıldığı bir çalışmada, balık yağı miktarındaki artışın esneklik değerlerini değiştirmedeği, sertlik, yapışkanlık ve sakızimsılık değerlerinde önemli bir artışa neden olduğu bulunmuştur. (Cáceres et al., 2008)

Bir et emülsiyon sisteminde antioksidan ve emülsifiye etkisinden yararlanılan hidrolize patates proteinleri (HPP), %2.5 oranlarında %15 ve 30 hayvansal yağ ikamesi olarak kullanıldığı çalışmada, gruplar arası dokusal farklılıklar (sertlik, sıkıştırılabilirlik ve yapışkanlık) gözlenmemiştir (Nieto et al., 2009).

Kuru fermente sosislerde domuz sırt yağı ikamesi olarak %50 ve 80 oranlarında konjac jel kullanılmış ve artan konsantrasyonlarda sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin de paralel olarak arttığı, esneklik ve yapışkanlık değerlerinde değişiklik gözlenmediği saptanmıştır (Ruiz-Capillas et al., 2012).

Türk kuru fermente sosislerinde interesterifiye hurma çekirdeği yağının, sığır eti yağı ile ikame edilmesi sonucu sucuk örneklerinin sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik indekslerinde azalma meydana gelmiştir ($P < 0.05$) (Özer and Kılıç, 2017).

Tavuk köftesinde sığır et yağı ikamesi amacıyla zeytinyağı kullanılarak hazırlanmış jel emülsiyonların formülasyonda kullanımı tavuk köftelerinin tüm tekstürel özelliklerini etkilemiş ($p < 0.05$), jel emülsiyon miktarına bağlı olarak ürünlerin sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin azaldığı rapor edilmiştir (Serdaroğlu et al. 2017).

4.3.8. Renk

Fermente et ürünlerinde beklenen karakteristik renkten, miyogloblin ile nitrik oksit (NO)'in reaksiyona girmesi sonucu oluşan nitrozomiyogloblin pigmenti sorumludur. Ürün formülasyonlarında yağ azaltma stratejisine ya da üretim aşamasındaki pH, sıcaklık gibi parametrelere bağlı olarak miyogloblin konsantrasyonunda değişiklikler gözlenebilmekte ve buna bağlı olarak ürün rengi etkilenebilmektedir (Liaros et al., 2009; Ruiz-Capillas et al., 2012). Sucuk örneklerinin ölçülen renk değerleri (L^* , a^* , b^*) Çizelge 4.15'te, sunulmaktadır.

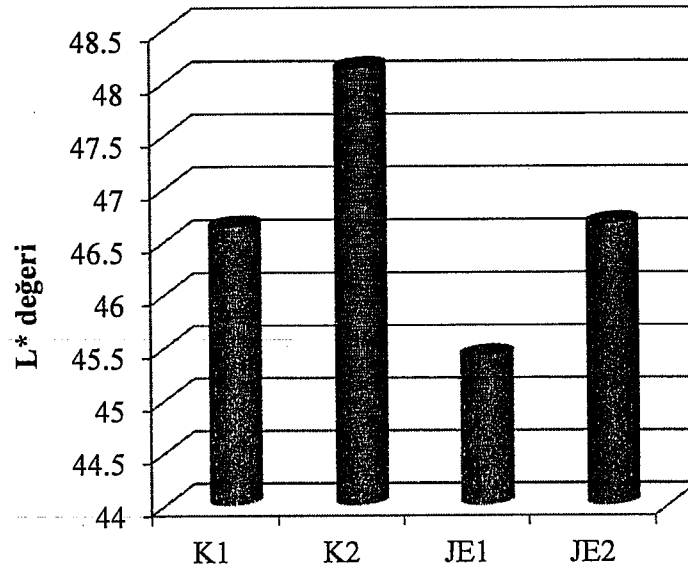
Çizelge 4.15 Isıl işlem görmüş sucuklara ait renk sonuçları

Gruplar	L^*	a^*	b^*
K1	46.64 ^{ab} ±0.85	18.33 ^{ab} ±0.43	16.59 ^b ±0.41
K2	48.14 ^a ±1.18	17.85 ^b ±0.48	18.44 ^a ±0.70
JE1	45.42 ^b ±0.27	18.79 ^a ±0.53	18.07 ^{ab} ±1.20
JE2	46.67 ^{ab} ±1.72	18.65 ^a ±0.23	16.62 ^b ±1.20

^{ab} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0.05$).

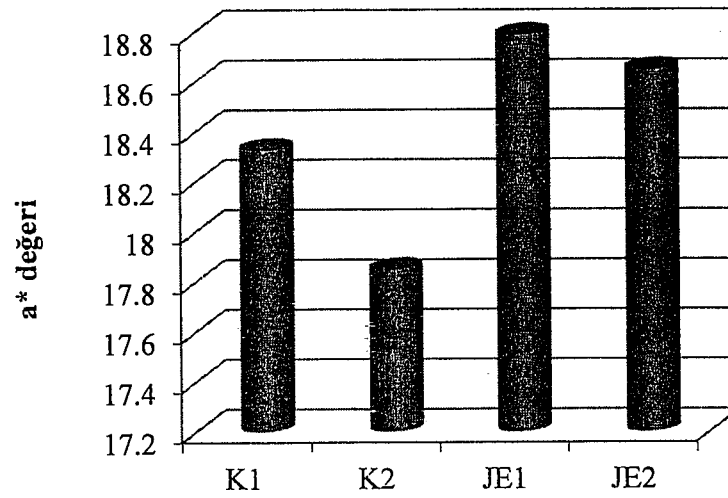
Sucuk örneklerinde aydınlık (L^*) değerleri 45.42-48.14, kırmızılık (a^*) değerleri 17.85-18.79 ve sarılık (b^*) değerleri ise 16.62-19.59 aralığında saptanmıştır.

JE içeren örneklerde, grupların L^* değerlerinin kontrol gruplarına kıyasla genelde daha düşük değerler aldığı gözlenmektedir. Jel emülsiyon gruplarında daha düşük L^* değerlerinin oluşma nedenleri olarak, lipid oksidasyonu ve mikrobiyal çoğalma verilebilir. Son ürünlerde parlaklık değerleri yağ azaltılmasından önemli ölçüde etkilenmemiştir. Yağı azaltılan kontrol gruplarının L^* değerleri birbirine yakın bulunmuş, artan JE miktarına bağlı olarak düşük seviyede artış gözlenmiştir.



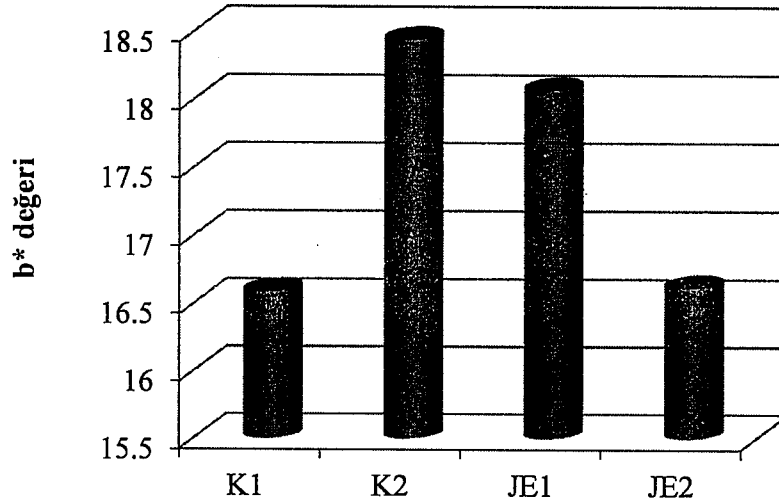
Şekil 4.4 Isıl işlem görmüş sucuklara ait parlaklık (L^*) değerleri

Son üründe yapılan analizler neticesinde kırmızılık (a^*) değerleri 17.85-18.79 arasında belirlenmiştir. JE gruplarında a^* değerlerinin kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek seyrettiği bulgulanmıştır. Yağ miktarının azaltılması JE gruplarının a^* değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir değişiklik oluşturmamış, kontrol gruplarında ise önemli bir etkisi bulunmamıştır.



Şekil 4.5 Isıl işlem görmüş sucuklara ait kırmızılık (a^*) değerleri

Sarılık (b^*) değerleri ise 16.62-19.59 aralığındadır. En yüksek b^* değerlerinin K2 örneklerine ait olduğu (18.44) tespit edilmiştir. Kontrol grupları arası yağın azaltılması b^* değerlerinde artışa neden olmamıştır ($P<0.05$). Artan JE kullanımına bağlı olarak b^* değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir ($P<0.05$).



Şekil 4.6 Isıl işlem görmüş sucuklara ait sarılık (b^*) değerleri

Sucuk örneklerinde %15, 30 ve 50 oranlarında ön emülsifiye fındık yağının hayvansal yağ ikamesi olarak kullanıldığı bir çalışmada, emülsifiye fındık yağının artan konsantrasyonlarına bağlı olarak olgunlaştırma işlemi sonunda gruplarının L^* ve b^* değerlerinin arttığı, a^* değerlerinin azaldığı gözlenmiştir ($p < 0.05$). Son üründe L^* ve a^* değerlerinde gruplar arası fark gözlenmezken b^* değerlerinin arttığı bulgulanmıştır (Yıldız-Turp and Serdaroglu, 2008a).

Jelleştirilmiş et emülsiyon sistemlerinde polifenoller, karotenoidler ve tokoferoller gibi antioksidan bileşiklerce zengin üç farklı türde Sea Spagetti (*Himanthalia elongata*), Wakame (*Undaria pinnatifida*) ve Nori (*Porphyra umbilicalis*) deniz yosunlarının kuru madde %2.5 ve %5 konsantrasyonda etkisi araştırılmıştır. Farklı yosun tipleriyle hazırlanmış jel emülsiyonlarda a^* ve b^* değerleri değişkenlik gösteriyorken L^* değerlerinde kontrol grubuna kıyasla %5 ila %55 arasında azalma gözlenmiştir (Cofrades et al., 2008).

Bir et emülsiyon sisteminde antioksidan ve emülsifiye etkisinden yararlanan hidrolize patates proteinleri (HPP), %2.5 oranlarında %15 ve 30 hayvansal yağ ikamesi olarak kullanılmıştır. Genel olarak, HPP ilave edilmiş et emülsiyonlarda, HPP ilave edilmeyenlere kıyasla daha koyu, daha az kırmızı ve daha az sarı renk gözlenmiştir. Buna ek olarak artan yağ konsantrasyonlarına kombine uygulanan HPP, L*, a* ve b* değerlerini azaltmıştır (Nieto et al., 2009).

Aljinat ile hazırlanmış ön emülsifiye zeytinyağının chorizo tip fermente et ürününde yağ ikamesi olarak kullanıldığı bir çalışmada emülsiyon gruplarının, kontrol ile kıyaslandığında daha yüksek L * değerleri ve daha düşük a* ve b* değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir (Beriaín et al., 2011). Bu çalışmsnın aksine, Muguerza et al. (2001), ön emülsifiye zeytinyağının fermente edilmiş sosislerde % 30 oranında kullanıldığı grupları ile kontrol arasında herhangi bir renk farkının olmadığını rapor etmiştir.

Bologna tipi sosislerde, keten tohumu yağı ile hazırlanmış jel emülsiyonun renk özelliklerine etkisi incelenmiş; jel emülsiyon gruplarının L*, a* ve b* değerlerinin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Poyato et al., 2014).

Kuru fermente sosislerde yağ ikamesi olarak omega 3 yağ asitlerince zenginleştirilmiş jel emülsiyon kullanılan bir çalışmada, artan jel emülsiyon kullanımına bağlı olarak L*, a* ve b* değerlerinde azalma gözlenmiştir (Alejandre et al., 2016).

Frankfurter formülasyonlarında zeytinyağı ile hazırlanmış jel emülsiyon gruplarında kontrol gruplarına kıyasla daha düşük L* değerleri elde edilmiştir (Pintado et al., 2016).

Kuru fermente sosis formülasyonlarında keten tohumu yağının sıvı hali, enkapsülasyonu ve emülsiyonu (aljinat ve soya protein izolatu) domuz sırt yağı ikamesi olarak hazırlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre son ürün a* değerlerinde gruplar arası fark gözlenmezken ($p > 0.05$), yeniden formüle edilmiş tüm grupların L* ve b* değerlerinin kontrol gruplarına kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Depolamaya bağlı olarak L* değerleri azalırken a* değerleri artmış, b* değerlerinde değişim gözlenmemiştir (Stajić et al., 2018).

4.3.9. Duyusal Analiz

Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinin değerlendirilen renk, doku, lezzet, yağlılık, okside lezzet ve genel kabul edilebilirlik puanları sırasıyla Çizelge 4.16'da, sunulmuştur.

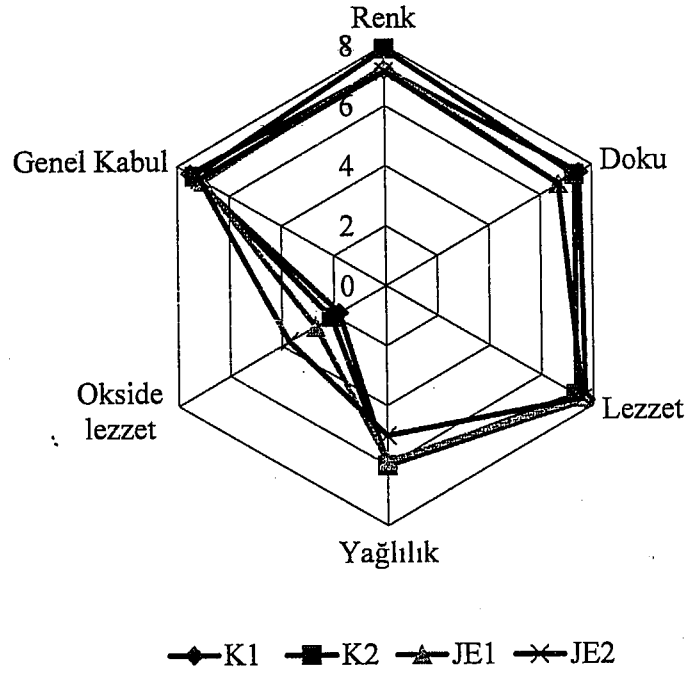
Çizelge 4.16 Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinin duyusal değerlendirme puanları

Gruplar	Renk	Doku	Lezzet	Yağlılık	Okside Lezzet	Genel Kabul
K1	7.20±0.95	7.50±1.08	7.70±0.95	6.00±2.16	1.80 ^b ±1.48	7.50±0.85
K2	7.89±0.50	7.33±1.23	7.33±1.80	6.00±1.58	2.11 ^b ±1.27	7.33±1.12
JE1	7.29±0.90	6.71±0.76	7.57±0.53	5.86±1.07	2.71 ^{ab} ±0.76	7.00±0.58
JE2	7.14±0.76	6.71±1.38	7.57±0.98	5.00±1.29	3.71 ^a ±1.98	7.14±0.90

^{a,b} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Son üründe renk puanları 7.14-7.89, doku puanları 6.71-7.50, lezzet puanları 7.00-7.57, yağlılık puanları 5.00-6.00, okside lezzet puanları 1.80-3.71 ve genel kabul edilebilirlik puanları 7.00-7.50 aralığındadır. Isıl işlem görmüş sucukların duyusal değerlendirmelerine ait örümcek ağı grafiği Şekil 4.7'de verilmiştir.

Formülasyonda kullanılan yağ kaynağı ve miktarının; renk, doku, lezzet, yağlılık ve genel kabul edilebilirlik parametreleri üzerinde anlamlı etkisi olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). Son üründe okside lezzet duyusal değerlendirmesinin jel emülsiyon gruplarında önemli derecede daha yüksek puanlandığı tespit edilmiştir ($P<0.05$). Kontrol gruplarında yağın azaltılması okside lezzete etki etmezken, JE gruplarında birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Buna bağlı olarak sucuk formülasyonlarında O/W JE kullanımının duyusal açıdan umut verici olduğu söylenebilir.



Şekil4.7 Isıl işlem görmüş sucukların duyusal değerlendirmelerine ait örümcek ağı grafiği

Kuru fermente tavuk sosislerinde hayvansal yağın azaltılması amacıyla %9 ve 17 oranlarında ön emülsifiye mısır yağı kullanılan bir çalışmada duyusal değerlendirme için 9 puanlı hedonik skala kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmede gruplar arasında ve depolama periyodu boyunca grupların genel kabul edilebilirliği benzer çıkmıştır. Gruplarda yağ içeriğinin azaltılmasının ve inulin eklenmesinin, ürünün kabul edilebilirliğini etkilemediği belirtilmektedir (Menegas et al.,2013).

Köfte ürünlerinde %25, 50, 75 ve 100 oranlarında domuz yağı ikamesi olarak ayçiçek yağı ile hazırlanan O/W jel emülsiyonların, eklendiği köfte örneklerinin tat, koku, renk, sertlik, sululuk ve yağlılık özellikleri, kontrol gruplarıyla benzer olduğu saptanmıştır (Poyato et al., 2015).

Fermente sosislerde keten tohumu yağı kullanılarak hazırlanmış O/W jel emülsiyonunun yüksek konsantrasyonlarda kullanımıyla örneklerin koku ve lezzet özelliklerinin kabul edilemez olarak değerlendirildiği rapor edilmiştir (Alejandre et al., 2016).

Taze sosislerde chia unu, yulaf kepeği ve zeytinyağı ile hazırlanmış O/W jel emülsiyonu kullanımı, duyuusal değerlendirmeyi olumsuz yönde etkilediği ve kontrol gruplarına kıyasla daha düşük puanlandığı rapor edilmiştir (Pintado et al., 2018)

Mikroalg yağı ve çakal eriği ekstraktı kullanılarak hazırlanan jel emülsiyonların domuz yağı ikamesi olarak kullanımı sonucu kontrol grubu, alg yağı ve alg yağı+çakal eriği ekstraktı içeren grupların genel kabul değerleri arasında farklılık görülmemiştir (Alejandre et al., 2018).

Yapılan bir çalışmada keten tohumu yağının sıvı hali, enkapsülasyonu ve emülsiyonu (aljinat ve soya protein izolatu) kuru fermente sosis formülasyonlarında domuz sırt yağı ikamesi olarak kullanılmıştır. Örneklerin üretimden 15 ve 45 gün sonra, renk, koku, tat, tekstür ve genel kabul edilebilirlik özellikleri değerlendirilmiştir. Çoğunlukla kontrol grubu örneklerinin yüksek puanlamaya sahip olduğu, sıvı halde kullanılan keten tohumu yağı gruplarının en az beğenildiği, tüm grupların depolama sürecine paralel olarak genel değerlendirmenin olumsuz ilerlediği rapor edilmiştir (Stajić et al., 2018).

4.4. Depolama Analiz Sonuçları

4.4.1. Peroksit

Lipit oksidasyonunun primer ürünleri olan hidroperoksitler, tat ve koku üzerinde etkili değildirler. Bu bileşikler hızlı bir şekilde parçalanarak ürünün duyuusal özelliklerini değiştirirler (Summo et al., 2006; Kaban, 2007).

Isıl işlem görmüş sucukların son ürün ve depolama süresi boyunca ölçülen peroksit değerleri Çizelge 4.17'de sunulmaktadır.

Çizelge 4.17 Isıl işlem görmüş sucuklara ait peroksit değerleri

Gruplar	0. Gün	1. Ay	2. Ay	3. Ay
K1	0.82 ^{b,B} ±0.28	3.10 ^{b,A} ±0.17	0.43 ^{c,C} ±0.15	0.43 ^{c,C} ±0.06
K2	0.82 ^{b,B} ±0.28	2.79 ^{b,A} ±0.35	0.69 ^{c,B} ±0.17	0.43 ^{c,B} ±0.15
JE1	21.92 ^{a,A} ±0.01	3.31 ^{b,C} ±0.54	5.33 ^{b,B} ±0.57	2.32 ^{b,D} ±0.57
JE2	21.88 ^{a,A} ±0.06	11.95 ^{a,C} ±1.11	19.26 ^{a,B} ±0.57	8.99 ^{a,D} ±1.00

^{a,c} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

^{A,D} Aynı satırdaki farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Üretim sonrası örneklerin peroksit değerleri 0.82 ila 21.92 meqO₂/kg örnek aralığında değişmektedir. Geçgel ve ark., (2016) aspir yağı ile formüle edilen sucuklarda dolum sonrasında peroksit değerlerinin 3.90-5.15 meqO₂/kg arasında olduğunu bildirmişlerdir.

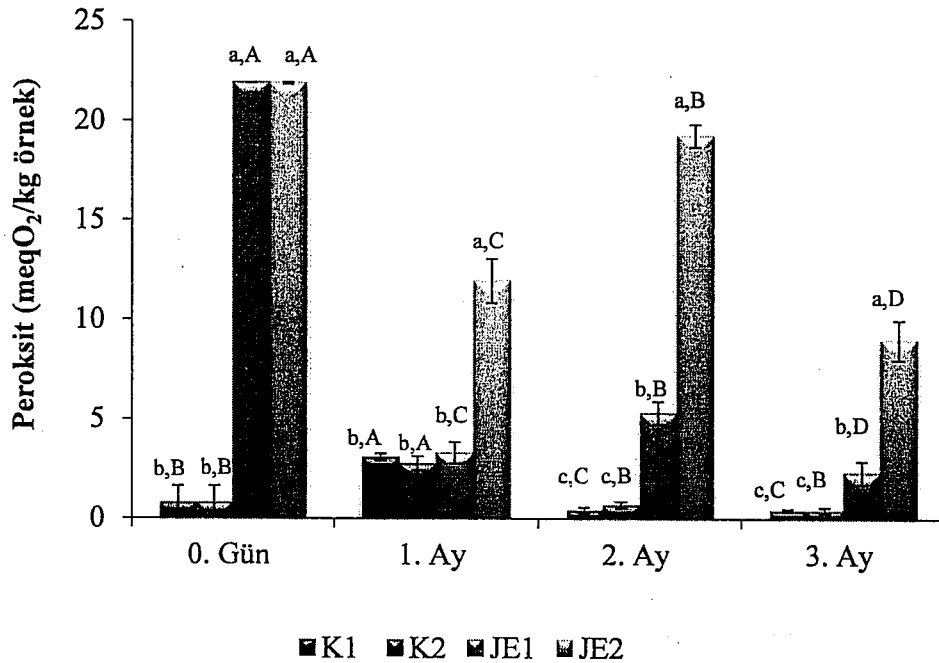
JE eklenen sucukların peroksit değerlerinin kontrol gruplarına kıyasla önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). K ve JE grupları kendi içlerinde azalan yağ miktarının peroksit değerlerini etkilemediği tespit edilmiştir ($P>0.05$).

Depolamanın 1.ay sonunda JE gruplarının peroksit değerlerinde azalma, kontrol gruplarında ise artma gözlenmiştir. 1.ay sonunda K1, K2 ve JE1 gruplarının peroksit değerleri benzer olup ($P>0.05$), en yüksek peroksit değerleri (11.95 meqO₂/kg örnek) %20 jel emülsiyon kullanılan örneklerde (JE2) saptanmıştır. Kuru fermente sosis örneklerinde emülsifiye keten tohumu yağı kullanılan bir çalışmada peroksit değerlerinin 0.33 ila 0.38 mgROOH/kg örnek aralığında olduğu; jel emülsiyonun artan konsantrasyonlarda kullanılması peroksit değerlerini istatistiksel olarak değiştirmedeği ve kontrol örneklerine benzer olduğu saptanmıştır (Alejandre et al., 2016).

2 ay depolama sonrasında, K ve JE örnekleri arasında gözlenen durumun tam tersine, K örneklerinin peroksit değerlerinde azalma, JE örneklerinin peroksit değerlerinde artış gözlenmiştir. 1.ay sonuçlarına benzer olarak JE gruplarının peroksit değerleri kontrol örneklerine kıyasla yüksek bulunmuş, en yüksek (19.26 meqO₂/kg örnek) peroksit değerleri JE2 grubu örneklerinde tespit edilmiştir

Depolama sonunda gruplar arasında peroksit değerlerinin 0.43-8.99 meqO₂/kg örnek aralığında değiştiği görülmektedir. En yüksek peroksit değeri (8.99 meqO₂/kg örnek) 1. ve 2. ay sonuçlarına paralel olarak JE2 grubu örneklerinde olduğu gözlenmiştir. Summo et al. (2006) olgunlaştırılmış fermente sosislerin peroksit değerleri son üründe 22.0 meqO₂/kg; vakum paketlenmiş 40 günlük depolama periyodu sonunda 43.2 meqO₂/kg; vakum paketlenmemiş 40 günlük depolama sonunda 43.3 meqO₂/kg olduğu ve depolama boyunca oksidasyon değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Depolama süresince JE içeren örneklerin K örneklerine kıyasla daha yüksek peroksit değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8). Bu durum, JE gruplarının doymamış yağ asitlerini yüksek oranda içermesi ve sucuklara uygulanan ısı işlemin lipid oksidasyonunu hızlanmış olabileceği şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 4.8 Isıl işlem görmüş sucukların depolama periyodu boyunca peroksit (meqO₂/kg örnek) değerleri

Emülsiyeye edilmiş zeytinyağı ile hazırlanmış kuru fermente sosis örneklerinde peroksit değerleri, kontrol örneklerine kıyasla daha düşük bulunmuştur (Ansorena and Astiasarán 2004).

Hindi göğüs eti ile hazırlanmış köfte ve taze domuz sosisleri örneklerinin domuz yağının %25 oranında alg yağı ile ikame edildiği formülasyonlarında emülsiyon kullanımının ve depolama periyodunun peroksit değerlerini artırdığı, tespit edilmiştir (Lee et al., 2006).

Model sistem et emülsiyonunda balık yağı, MTG, sodyum kazeinat ve pektin ile hazırlanmış O/W jel emülsiyonun kullanıldığı bir çalışmada jel emülsiyon kullanılan gruplarda ısıtma ve depolama periyodu boyunca peroksit ve TBARS değerleri daha düşük bulunmuştur (Salcedo-Sandoval et al., 2015)

4.4.2. TBARS

Çizelge 4.18 Isıl işlem görmüş sucuklara ait TBARS (mg malonaldehit/kg örnek) değerleri

Gruplar	0. Gün	1. Ay	2. Ay	3. Ay
K1	1.36 ^{ab,AB} ±0.55	1.03 ^{c,B} ±0.06	1.72 ^{a,A} ±0.03	1.24 ^{b,AB} ±0.03
K2	0.86 ^{b,AB} ±0.07	0.84 ^{c,AB} ±0.02	1.00 ^{c,A} ±0.19	0.74 ^{c,B} ±0.07
JE1	1.27 ^{ab,C} ±0.07	3.05 ^{a,A} ±0.41	1.47 ^{b,C} ±0.02	2.36 ^{a,B} ±0.22
JE2	1.59 ^{a,B} ±0.07	2.52 ^{b,A} ±0.40	1.42 ^{b,B} ±0.04	2.51 ^{a,A} ±0.19

^{a,c} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

^{A,C} Aynı satırdaki farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.05$).

Depolama süresi boyunca TBARS değerlerinde değişimler olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.18). Sucuk örneklerinin depolama başlangıcında ölçülen TBARS değerleri 0.86-1.59 mg malonaldehit/kg örnek aralığında değişmektedir. JE içeren grupların TBARS değerlerinin kontrol örneklerine kıyasla genelde daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Kontrol grupları formülasyonlarında yağ miktarının azaltılması son ürün TBARS değerlerini düşürmüştür, JE gruplarında artan miktarlarda emülsiyon kullanımı TBARS değerlerinde az da olsa artışa

neden olmuştur. En yüksek değerlerin %20 JE kullanılan JE2 gruplarında olduğu tespit edilmiştir (1.59 mg malonaldehit/kg örnek).

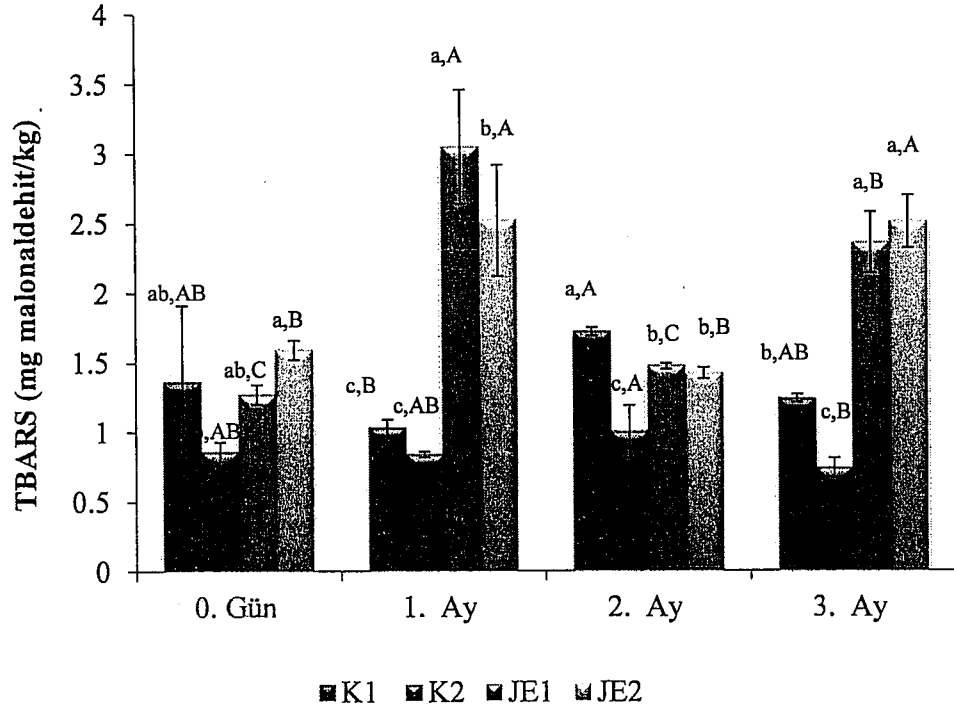
1.ay depolamanın sonunda JE eklenen örneklerin TBARS değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılık gözlenmiş olup, depolama başlangıcına oranla daha yüksek değerler bulgulanmıştır ($P<0.05$). Diğer taraftan kontrol gruplarında önemli bir değişikliğin meydana gelmediği saptanmıştır. Yağ miktarının azaltılması sığır et yağı kullanılan örneklerin TBARS değerlerini etkilememiş, K1 ve K2 örneklerinin TBARS değerleri 1. ayda benzer bulunmuştur. Artan JE miktarı ise 1. Ayda TBARS değerlerinin daha yüksek olmasına neden olmuştur. Benzer olarak, sodyum kazeinat, soya protein izolatu ve MTG ile emülsifiye edilmiş zeytinyağı, keten tohumu yağı ve balık yağının frankfurter örneklerinde oksidatif stabilitesi incelenmiş, jel emülsiyon kullanılan örneklerin gruplar arasında ve depolama periyodu boyunca TBARS değerleri kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Delgado-Pando et al., 2011).

2.ay depolama sonunda, 1. ayda saptanan sonuçlarının tersine, jel emülsiyon gruplarının TBARS değerlerinin azaldığı, kontrol gruplarında ise arttığı sonucu elde edilmiştir. Tüm grupların ikincil oksidasyon değerlerinin birbirine yaklaştığı görülmektedir. En düşük TBARS değerlerinin K2 örneklerinde olduğu tespit edilmiştir (1 mg malonaldehit/kg örnek).

Depolama sonunda sucuk örneklerinin TBARS değerlerinin 0.74-2.54 mg malonaldehit/kg örnek arasında olduğu ve en düşük değerlerin K2 örneklerine ait olduğu bulgulanmıştır. Depolama sonunda JE grubu TBARS değerleri ikincil oksidasyon ürünlerinin gelişimine bağlı olarak başlangıca göre önemli düzeyde yükselmiş ($P<0.05$), kontrol grubu ise başlangıca kıyasla önemli düzeyde değişmemiştir. Bulunan sonuçlardan farklı olarak, Poyato et al., (2015) %25, 50, 75 ve 100 oranlarında, ayçiçek yağı ve karragenan ile hazırlanmış O/W jel emülsiyonu ekledikleri köftelerde emülsiyon kullanımının daha düşük TBARS değerlerine neden olduğunu bildirmişlerdir. Alejandre et al. (2016) ise, kuru fermente sosis formülasyonlarında %26.3, 32.8 ve 39.5 oranlarında keten tohumu yağı ve karragenan ile hazırlanan O/W jel emülsiyonu kullanmışlar, O/W jel

emülsiyonu kullanılan grupların TBARS değerlerini kontrol örnekleriyle benzer bulmuşlardır. Bu farklılıklar, et kaynağı, kullanılan hayvansal yağ çeşidi ve uygulanan teknoloji farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

İnteresterifiye hurma çekirdeği yağı ile kısmi ya da tam ikame ile üretilen sucukların son ürün TBARS değerleri 3.46-3.77 $\mu\text{mol/kg}$, 30 günlük depolama sonunda 5.16-5.68 $\mu\text{mol/kg}$ olduğu; ön emülsifiye bitkisel yağlı grupların fermentasyon sonunda ve depolama süresince kontrol grubuna kıyasla daha yüksek ($P < 0.05$) TBARS değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir (Özer and Kılıç 2017).



Şekil 4.9 Isıl işlem görmüş sucukların depolama periyodu boyunca TBARS (mg malonaldehit/kg) değerleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yer fıstığı yağı ve keten tohumu yağı kullanılarak hazırlanan soğuk jel emülsiyonların ısıl işlem görmüş sucuk formülasyonlarında hayvansal yağ ikamesi olarak kullanımının ürün kalitesi ve oksidasyon üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, hazırlanan jel emülsiyonların ısıl işlem görmüş sucuk formülasyonlarında tek başına (%20) veya sığır et yağı (SEY) ile karıştırılarak (%10 SEY:%10 JE) kullanılmasının ürünlerin bazı emülsiyon karakteristikleri, fiziksel, kimyasal ve duyusal kalite parametreleri ve 3 aylık depolama süresi boyunca oksidatif stabiliteleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar özetle aşağıda listelenmiştir.

- Su aktivitesi değerleri hamur emülsiyon gruplarında daha düşük bulgulanmış, son üründe en düşük su aktivitesi değerleri %10 oranında O/W JE kullanılan örneklerde gözlenmiştir.
- Sucuk hamuru ve sucuk örneklerinde yağ kaynağı olarak yer fıstığı yağı ve keten tohumu yağı ile hazırlanan jel emülsiyonunun kullanılması pH ve toplam asitlik değerlerinin sığır et yağı kullanılan örneklere oranla daha yüksek olmasına neden olmuştur.
- En yüksek serbest yağ asitliği %20 jel emülsiyon kullanılan örneklerde saptanmıştır.
- Sucuk hamurlarında, son üründe ve depolama sırasında en yüksek peroksit değerleri JE kullanılan örneklerde saptanmıştır.
- JE eklenen sucuk hamurlarında TBARS değeri K örneklerne oranla daha düşük bulunurken, depolama süresince JE kullanılan örneklerin TBARS değerlerinin genelde daha yüksek seyrettiği gözlenmiştir.
- Sucuk formülasyonlarında JE kullanımının doku parametreleri üzerinde anlamlı farklılıklar oluşturduğu saptanmıştır. JE örneklerinin sertlik, yapışkanlık, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri K örneklerine oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır.
- JE eklenmesi örneklerin renk değerleri üzerine etkili bulunmuştur.
- Sucuk formülasyonunda yağ kaynağı olarak JE kullanılması okside lezzet dışında diğer duyusal özellikler üzerine olumsuz etki göstermemiştir.

6. GENEL DEĞERENDİRME

Et ve et ürünlerinin fermente edilerek işlenmesi, bilinen en eski koruma tekniklerindendir. Son yıllarda, sucukların fermantasyon süresini kısaltmak amacıyla çoğunlukla ısıtıl işlem uygulanmaktadır. Fermente et ürünleri, düşük pH ve su aktivitesi, yüksek tuz konsantrasyonu, düşük nem içeriği ile uzun raf ömrüne sahip olan ürünlerdir. Et ve et ürünlerinde yağ, teknolojik kalite ve duyu özellikleri olumlu yönde etkileyen önemli bir unsurdur, ancak yüksek oranda doymuş yağ ve kolesterol içeren bu tür ürünlerin fazla miktarlarda tüketilmesinin kalp damar hastalıkları ve bazı kanser türlerinin gelişimini tetiklediği bilinmektedir. Bu nedenle formülasyonda yağın azaltılması ve yağ asitleri kompozisyonunun modifiye edilmesi konusunda çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Tez çalışmasında ısıtıl işlem görmüş sucuk formülasyonlarında yer fıstığı yağı ve keten tohumu yağı kullanılarak kullanılarak jel emülsiyon hazırlanmış ve ısıtıl işlem görmüş sucuk formülasyonlarına %20 ve %10 oranlarında ilave edilmiştir. Yağ miktarı ve çeşidinin ürünlerin emülsiyon karakteristikleri, ürün kalitesi ve oksidatif özelliklerine etkileri incelenmiş, kendi aralarında ve doğrudan yağ azaltılmış sığır et yağı içeren kontrol grupları ile kıyaslanmıştır.

Isıtıl işlem görmüş sucuk formülasyonlarında JE kullanımının yağ miktarını azaltıcı, pH ve asitlik değerlerini artırıcı, su aktivitesi değerlerini azaltıcı etkiye sahip olduğu saptanmıştır. JE gruplarında kullanılan MTG enzimi ürünün reolojik özelliklerini önemli düzeyde etkilemiştir. Jel emülsiyonlar ürünlerin parlaklığında azalmaya neden olurken kırmızılığını artırmıştır. Isıtıl işlem görmüş sucuklarda JE kullanımı genel kabul edilebilirliği etkilememiştir. Hamur ve depolama süresi boyunca JE gruplarında peroksit ve TBARS değerleri kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Yüksek oranda doymamış yağ asitlerini içeren yer fıstığı yağı ve keten tohumu yağının jel emülsiyon halinde ısıtıl işlem görmüş sucuk formülasyonlarında kullanımıyla daha sağlıklı ve besleyici değeri yüksek ürün elde edilmiştir. Yağ kaynağı olarak jel emülsiyon kullanılan ısıtıl işlem görmüş sucukların oksidatif stabilitesinin iyileştirilmesi adına JE parametreleri optimize edilmeli bunun yanı sıra formülasyonda çeşitli antioksidanların kullanılması araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abid, Z., Cross, A.J. and Sinha, R., 2014, Meat, dairy, and cancer. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100, 386-393.
- Alahakoon, A.U., Jayasena, D.D., Ramachandra, S. and Jo, C., 2015, Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. *Trends in Food Science & Technology*, 45(1), 37-49.
- Alejandre, M., Poyato, C., Ansorena, D. and Astiasarán, I., 2016, Linseed oil gelled emulsion: a successful fat replacer in dry fermented sausages, *Meat Science*, 121: 107-113pp.
- Alejandre, M., Passarini, D., Astiasarán, I. and Ansorena, D., 2017, The effect of low-fat beef patties formulated with a low-energy fat analogue enriched in long-chain polyunsaturated fatty acids on lipid oxidation and sensory attributes, *Meat Science*, 134: 7-13 pp.
- Ammor, M.S. and Mayo, B., 2007, Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update. *Meat Science*, 76, 138-146.
- Anar, Ş., 1997, Fermente Et Ürünlerinde Kullanılan Starter Kültürler ve Başlıca Fonksiyonları, *Uludağ Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 1-2-3: 155-164.
- Ansorena, D. and Astiasaran, I., 2004, Effect of storage and packaging on fatty acid composition and oxidation in dry fermented sausages made with added olive oil and antioxidants, *Meat science*, 67(2), 237-244.
- AOAC, 2012, Official Methods of Analysis, 19 th Ed., Association of Official Analytical Chemists (Ed. M.D., Gaithersburg), USA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Arıkan, D.**, 2011, Isıl işlem sonrası starter kültür ilavesinin pastörize sucukların bazı kalite özellikleri ve raf ömrü üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Arya, S.S., Salve, A. R. and Chauhan, S.**, 2016, Peanuts as functional food: a review, *Journal of Food Science and Technology*, 53(1): 31-41pp.
- Ay, A.**, 2015, Soğuk Pres Yağlar İlave Edilerek Üretilen Fermente Sucukların Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Baytop, T.**, 1984, Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.
- Bedale, W., Sindelar, J.J. and Milkowski, A.L.**, 2016, Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. *Meat science*, 120, 85-92.
- Berardo, A., De Maere, H., Stavropoulou, D.A., Rysman, T., Leroy, F., and De Smet, S.**, 2016, Effect of sodium ascorbate and sodium nitrite on protein and lipid oxidation in dry fermented sausages. *Meat science*, 121, 359-364.
- Beriain, M.J., Gómez, I., Petri, E., Insausti, K. and Sarriés, M.V.**, 2011, The effects of olive oil emulsified alginate on the physico-chemical, sensory, microbial, and fatty acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages, *Meat Science*, 88(1), 189-197.
- Bloedon, L.T. and Szapary, P.O.**, 2004, Flaxseed and cardiovascular risk. *Nutrition reviews*, 62(1), 18-27.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Bloukas, J. G., Paneras, E. D. and Fournitzis, G.C.**, 1997, Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages, *Meat Science*, 45(2): 133-144 pp.
- Bozan, B. and Temelli, F.**, 2008, Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresource Technology*, 99(14), 6354-6359.
- Cáceres, E., García, M.L. and Selgas, M.D.**, 2008, Effect of pre-emulsified fish oil—as source of PUFA n-3—on microstructure and sensory properties of mortadella, a Spanish bologna-type sausage, *Meat Science*, 80(2): 183-193 pp.
- Caplice, E. and Fitzgerald, G.F.**, 1999, Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. *International journal of food microbiology*, 50(1-2), 131-149.
- Casaburi, A., Aristoy, M.C., Cavella, S., Di Monaco, R., Ercolini, D., Toldrá, F., and Villani, F.**, 2007, Biochemical and sensory characteristics of traditional fermented sausages of Vallo di Diano (Southern Italy) as affected by the use of starter cultures, *Meat Science*, 76(2), 295-307.
- Chen, C., Chi, Y.J., Zhao, M.Y. and Lv, L.**, 2012, Purification and identification of antioxidant peptides from egg white protein hydrolysate, *Amino acids*, 43(1), 457-466.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Cofrades, S., López-López, I., Solas, M.T., Bravo, L. and Jiménez-Colmenero, F., 2008,** Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems, *Meat Science*, 79(4), 767-776.
- Contini, C., Álvarez, R., O'sullivan, M., Dowling, D.P., Gargan, S.Ó. and Monahan, F.J., 2014,** Effect of an active packaging with citrus extract on lipid oxidation and sensory quality of cooked turkey meat. *Meat Science*, 96(3): 1171-1176 pp.
- Corral, S., Salvador, A., and Flores, M., 2013,** Salt reduction in slow fermented sausages affects the generation of aroma active compounds. *Meat science*, 93(3), 776-785.
- Coşkuner, O., Ertas, A. H., and Soyer, A., 2010,** The effect of processing method and storage time on constituents of Turk-ish sausages (Sucuk). *Journal of food processing and preservation*, 34, 125-135.
- de Souza Paglarini, C., de Figueiredo Furtado, G., Biachi, J.P., Vidal, V.A.S., Martini, S., Forte, M.B.S., Cunha, R.L. and Pollonio, M.A.R., 2018,** Functional emulsion gels with potential application in meat products, *Journal of Food Engineering*, 222: 29-37.
- Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Solas, M.T., Triki, M. and Jiménez-Colmenero, F., 2011,** Low-fat frankfurters formulated with a healthier lipid combination as functional ingredient: Microstructure, lipid oxidation, nitrite content, microbiological changes and biogenic amine formation, *Meat Science*, 89(1): 65-71 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Demeyer, D., and Stahnke, L.,** 2002, Quality control of fermented meat products. In *Meat processing: Improving quality* (pp. 359-393). Woodhead.
- Denktaş, S.,** 2010, Doğal antimikrobiyallerin ısıtıl işlem görmüş sucukların bazı kalite özellikleri üzerine etkisi, *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53:1689-99.
- Di Mattia, C.D., Sacchetti, G., Mastrocola, D. and Pittia, P.,** 2009, Effect of phenolic antioxidants on the dispersion state and chemical stability of olive oil O/W emulsions. *Food research international*, 42(8), 1163-1170.
- Dickinson, E.,** 2010, Food emulsions and foams: stabilization by particles, *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 15(1-2), 40-49.
- Dickinson, E.,** 2011, Double emulsions stabilized by food biopolymers, *Food Biophysics*, 6(1): 1-11 pp.
- Dickinson, E.,** 2012, Emulsion gels: The structuring of soft solids with protein-stabilized oil droplets. *Food Hydrocolloids*, 28(1): 224-241 pp.
- Dzudie, T., Kouebou, C.P., Essia-Ngang, J.J. and Mbofung, C.M.F.,** 2004, Lipid sources and essential oils effects on quality and stability of beef patties, *Journal of food engineering*, 65(1), 67-72.
- EFSA,** 2012, European Food Safety Authority, Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. EFSA Journal 2012; 10(2):2557

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

Ensoy, Ü. ve Kolsarıcı, N., 2004, Fermente Et Ürünlerinde Flavor Oluşumu, *Standard*; 43 (507); 81- 93.

Ercoşkun, H., Tağı, Ş. and Ertas, A.H., 2010, The effect of different fermentation intervals on the quality characteristics of heat-treated and traditional sucuks, *Meat Science*, 85(1): 174-181 pp.

Ercoşkun, H. and Özkal, S.G., 2011. Kinetics of traditional Turkish sausage quality aspects during fermentation. *Food Control* 22, 165–172.

Erdmann, M.E., Lautenschlaeger, R., Schmidt, H., Zeeb, B., Gibis, M., Brüggemann, D. A. and Weiss, J., 2017, Influence of droplet size on the antioxidant efficacy of oil-in-water emulsions loaded with rosemary in raw fermented sausages, *European Food Research and Technology*, 243(8), 1415-1427.

Ertas, H., 2006, Isıl İşlem Uygulanarak Üretilen Sucukların Bazı Kalite Özelliklerine Üretim Koşullarının Etkisi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, 2003- 07-11-080 nolu Kesin Raporu, Ankara.

Estévez, M., Kylli, P., Puolanne, E., Kivikari, R., and Heinonen, M., 2008, Fluorescence spectroscopy as a novel approach for the assessment of myofibrillar protein oxidation in oil-in-water emulsions, *Meat Science*, 80(4), 1290-1296.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

European Commission, 2006, European Directive 2006/52/EC of the European Parliament and of the Council of 5 July 2006 amending Directive 95/2/EC on food additives other than colours and sweeteners and Directive 94/35/EC on sweeteners for use in foodstuffs, Official Journal of the European Union, L204 (2006), pp.10-22.

Falowo, A.B., Fayemi, P.O., and Muchenje, V., 2014, Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review, *Food Research International*, 64, 171-181.

FAO/WHO, 1994, Fats and oils in human nutrition (Report of a joint expert consultation), Fat and Nutr., 57 pp.

Farhad, M., Kailasapathy, K., Tamang, J.P., 2010, Health aspect of fermented foods. In: Tamang JP, Kailasapathy K (eds) Fermented foods and beverages of the world. CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, pp. 391-414.

Fernandez, M., Ordóñez, J.A., Bruna, J.M., Herranz, B. and de la Hoz L., 2000, Accelerated ripening of dry fermented sausages, *Trends in Food Science & Technology*, 11(6): 201-209 pp.

Fernández-Ginés, J.M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E. and Pérez-Alvarez, J.A., 2005, Meat products as functional foods: A review. *Journal of food science*, 70(2), R37-R43.

Flynn, A.W., and Bramblett, V.D., 1975, Effects of frozen storage cooking method and muscle quality and attributes of pork loins, *Journal of Food Science*, 40: 631-633 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Folch, J., Lees, M., and Stanley, G. H. S. J., 1957,** A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues, *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.
- Franco, I., Prieto, B., Cruz, J.M., Lopez, M. ve Carballo, J., 2002,** Study of the biochemical changes during the processing of Androlla, a Spanish Dry-cured pork sausage, *Food Chemistry*, 78: 339-345
- Fuentes, V., Estévez, M., Ventanas, J., and Ventanas, S., 2014,** Impact of lipid content and composition on lipid oxidation and protein carbonylation in experimental fermented sausages. *Food Chemistry*, 147, 70-77.
- Garcia, M. L., Dominguez, R., Galvez, M. D., Casas, C. and Selgas, M. D., 2002,** Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages, *Meat Science*, 60(3): 227-236 pp.
- Geçgel, Ü., Yılmaz, İ., Ay, A., Apaydın, D. ve Dülger, G.Ç., 2016,** Soğuk Pres Yağlar İlave Edilerek Üretilen Fermente Sucukların Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(4).
- Gök, V., 2006,** Antioksidan kullanımının fermente sucukların bazı kalite özellikleri üzerine etkileri, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, Ankara.
- Gök, V., 2015,** Effect of replacing beef fat with poppy seed oil on quality of Turkish sucuk, *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(2): 240-247 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Gökalp, H.,Y., Kaya, M. ve Zorba, Ö.**, 2004, Et Ürünleri İşleme Mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Yayın No:786 Ziraat Fakültesi Yayın No:320, Ders Kitapları Serisi No:70, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi Erzurum.
- Gökoğlu, N. and Yerlikaya, P.**, 2006, Et ve Ürünlerinde Yağ Oranını Azaltma Stratejileri, Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Grasso, S., Brunton, N.P., Lyng, J.G., Lalor, F., and Monahan, F.J.**, 2014, Healthy processed meat products–Regulatory, reformulation and consumer challenges, *Trends in food science & technology*, 39(1), 4-17.
- Heperkan, D. and Sözen, M.**, 1988, Fermente Et Ürünleri Üretimi ve Mikrobiyal Proseslerin Kaliteye Etkisi. *Gıda*, 15(5): 371-378.
- Herrero, A.M., Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F. and Carmona, P.**, 2014, Raman Spectroscopic Study of Structural Changes upon Chilling Storage of Frankfurters Containing Olive Oil Bulking Agents As Fat Replacers, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2014, 62, 5963–5971.
- Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T., Carmona, P. and Jimenez-Colmenero, F.**, 2017, Infrared spectroscopy used to determine effects of chia and olive oil incorporation strategies on lipid structure of reduced-fat frankfurters, *Food Chemistry*, 221: 1333-1339 pp.f
- Honikel, K.O.**, 2008, The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat science*, 78(1-2), 68-76.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Ibrahim, H.R., Inazaki, D., Abdou, A., Aoki, T. and Kim, M., 2005,** Processing of lysozyme at distinct loops by pepsin: a novel action for generating multiple antimicrobial peptide motifs in the newborn stomach, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1726(1), 102-114.
- Ikonic, P., Jokanovic, M., Tasic, T., Skaljic, S., Sojic, B., Tomovic, V., Dzinic, N. and Petrovic, L., 2015,** The effect of different ripening conditions on proteolysis and texture of dry-fermented sausage Petrovská klobása, *Procedia Food Science*, 5, 97-100.
- Ilıkkın, H., Ercoskun, H., Vural, H. and Şahin, E., 2009,** The effect of addition of hazelnut oil on some quality characteristics of Turkish fermented sausage (sucuk), *Journal of muscle foods*, 20(1), 117-127.
- Inguglia, E.S., Zhang, Z., Tiwari, B.K., Kerry, J.P. and Burgess, C.M., 2017,** Salt reduction strategies in processed meat products—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 70-78.
- İşleroglu, H., ve Yıldırım, Z.Y.M., 2005,** Fonksiyonel bir gıda olarak keten tohumu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2005(2).
- Jiménez-Colmenero, F., 2007,** Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods, Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science & Technology*, 18(11), 567-578.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Jiménez-Colmenero, F., Herrero, A., Píntado, T., Solas, M.T. and Ruiz-Capillas, C., 2010,** Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters, *Food Research International*, 43(8): 2068–2076 pp.
- Jiménez-Colmenero, F., Salcedo-Sandoval, L., Bou, R., Cofrades, S., Herrero, A.M. and Ruiz-Capillas, C., 2015,** Novel applications of oil-structuring methods as a strategy to improve the fat content of meat products, *Trends in Food Science & Technology*, 44(2): 177-188 pp.
- Jost, R., Baechler, R. and Masson, G., 1986,** Heat gelation of oil-in-water emulsions stabilized by whey protein, *Journal of Food Science*, 51(2), 440-444.
- Kaban, G. and Kaya, M., 2006,** Effect of starter culture on growth of *Staphylococcus aureus* in sucuk, *Food control*, 17(10), 797-801.
- Kaban, G., 2007,** Geleneksel olarak üretilen sucuklardan laktik asit bakterileri ile katalaz pozitif kokların izolasyonu identifikasyonu, üretimde kullanılabilme imkânları ve uçucu bileşikler üzerine etkileri, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kanner, J., 1994,** Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Science*, 36(1-2), 169-189.
- Karaçıl, M.Ş. and Acar Tek, N., 2013,** Dünyada üretilen fermente ürünler: tarihsel süreç ve sağlık ile ilişkileri. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 163-173.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Karakaya, M.**, 2012, Et ve Su Ürünleri İşleme ve Teknolojisi, Basılmamış Ders Notu. Konya Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya
- Kayaardı, S., and Gök, V.**, 2004, Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). *Meat Science*, 66(1), 249-257.
- Kılıç, B. and Özer, C.O.**, 2018, Potential use of interesterified palm kernel oil to replace animal fat in frankfurters, *Meat science*, 148, 206-212.
- Köse, T.**, 2010, Tokat ilinde üretilen bez sucukların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Kumar, D., Chatli, M.K., Singh, R., Mehta, N., and Kumar, P.**, 2016, Effects of incorporation of camel milk casein hydrolysate on quality, oxidative and microbial stability of goat meat emulsion during refrigerated ($4\pm1^{\circ}$ C) storage, *Small ruminant research*, 144, 149-157.
- Kumar, P., Chatli, M. K., Verma, A.K., Mehta, N., Malav, O.P., Kumar, D. and Sharma, N.**, 2017, Quality, functionality, and shelf life of fermented meat and meat products: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(13): 2844-2856 pp.
- Kusuma, C., Rusman, R. and Jamhari, J.**, 2017, Meat Preservation with Addition of Kecombrang Leaves (*Etlingera Elatior*) in Refrigerator Temperature, *Animal Production*, 19(1), 61-69.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Lachowicz, K., Żochowska-Kujawska, J., and Sobczak, M., 2012, 13 Fermented Meat Products. *Fermentation: Effects on Food Properties*, 309.
- Lee, S., Faustman, C., Djordjevic, D., Faraji, H. and Decker, E.A., 2006, Effect of antioxidants on stabilization of meat products fortified with n-3 fatty acids. *Meat Science*, 72(1), 18-24.
- Leroy, F., Lievens, K., and De Vuyst, L.U.C., 2005, Interactions of meat-associated bacteriocin-producing Lactobacilli with *Listeria innocua* under stringent sausage fermentation conditions. *Journal of food protection*, 68(10), 2078-2084.
- Liaros, N.G., Katsanidis, E. and Bloukas, J.G., 2009, Effect of the ripening time under vacuum and packaging film permeability on processing and quality characteristics of low-fat fermented sausages. *Meat Science*, 83(4), 589-598.
- Liu, S., Low, N.H., and Nickerson, M.T., 2010, Entrapment of flaxseed oil within gelatin-gum arabic capsules. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87(7), 809-815.
- Liu, W., Gao, H., McClements, D.J., Zhou, L., Wu, J. and Zou, L., 2019, Stability, rheology, and β -carotene bioaccessibility of high internal phase emulsion gels, *Food Hydrocolloids*, 88, 210-217.
- Lücke, F.K., 1994, Fermented meat products, *Food Research International*, 27(3), 299-307
- Lücke, F.K., 1998, Fermented sausages. In *Microbiology of fermented foods* (pp. 441-483). Springer, Boston, MA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Lücke, F.K.**, 2000a, Quality and safety issues in fermented meat products. In *Lecture presented at the Join Meeting of the Society of Applied Microbiology (UK) and the Estonian Society for Microbiology on "Microbiological Safety of Food" Tartu (Estonia)* (pp. 10-11).
- Lücke, F. K.** 2000b. Utilization of microbes to process and preserve meat. *Meat Science*, 56(2), 105-115.
- Mateo, J., Domínguez, M.C., Aguirrezábal, M.M. and Zumalacárregui, J.M.**, 1996, Taste compounds in chorizo and their changes during ripening. *Meat Science*, 44, 245- 254.
- McNeill, S.H.**, 2014, Inclusion of red meat in healthful dietary patterns. *Meat Science*, 98(3), 452-460.
- Memarpoor-Yazdi, M., Asoodeh, A. and Chamani, J.**, 2012, A novel antioxidant and antimicrobial peptide from hen egg white lysozyme hydrolysates. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 278-286.
- Mendoza, E., Garcia, M.L., Casas, C. and Selgas, M.D.**, 2001, Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. *Meat science*, 57(4): 387-393 pp.
- Menegas, L. Z., Pimentel, T.C., Garcia, S. and Prudencio, S.H.**, 2013, Dry-fermented chicken sausage produced with inulin and corn oil: Physicochemical, microbiological, and textural characteristics and acceptability during storage. *Meat Science*, 93(3): 501-506 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Morrissey, P. A., Sheehy, P. J. A., Galvin, K., Kerry, J.P., and Buckley, D. J., 1998,** Lipid stability in meat and meat products. *Meat science*, 49, S73-S86.
- Muguerza, E., Gimeno, O., Ansorena, D., Bloukas, J.G. and Astiasarán, I., 2001,** Effect of replacing pork backfat with pre-emulsified olive oil on lipid fraction and sensory quality of Chorizo de Pamplona—a traditional Spanish fermented sausage. *Meat Science*, 59(3), 251-258.
- Muguerza, E., Fista, G., Ansorena, D., Astiasarán, I. and Bloukas, J. G., 2002,** Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Science*, 61(4): 397-404 pp.
- Muguerza, E., Ansorena, D. and Astiasarán, I., 2003,** Improvement of nutritional properties of Chorizo de Pamplona by replacement of pork backfat with soy oil. *Meat Science*, 65(4): 1361-1367 pp.
- Muguerza, E., Gimeno, O., Ansorena, D. and Astiasarán, I., 2004,** New formulations for healthier dry fermented sausages: a review, *Trends in Food Science & Technology*, 15(9), 452-457.
- Muguruma, M., Tsuruoka, K., Katayama, K., Erwanto, Y., Kawahara, S., Yamauchi, K., Sathe, S.K. and Soeda, T., 2003,** Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. *Meat Science*, 63(2): 191-197 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Mun, S., Kim, Y.L., Kang, C.G., Park, K.H., Shim, J.Y. and Kim, Y.R.** 2009, Development of reduced-fat mayonnaise using 4 α GTase-modified rice starch and xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 44(5), 400-407.
- Nacak, B.**, 2015, Farklı yağ formülasyonlarına sahip ısıtıl işlem görmüş dana sucuklarında lipid ve protein oksidasyonu mekanizmalarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- Nieto, G., Castillo, M., Xiong, Y.L., Álvarez, D., Payne, F. A. and Garrido, M.D.**, 2009, Antioxidant and emulsifying properties of alcalase-hydrolyzed potato proteins in meat emulsions with different fat concentrations. *Meat Science*, 83(1), 24-30.
- Nowak, B., Von Mueffling, T., Grotheer, J., Klein, G. and Watkinson, B.M.**, 2007, Energy Content, Sensory Properties, and Microbiological Shelf Life of German Bologna-Type Sausages Produced with Citrate or Phosphate and with Inulin as Fat Replacer. *Journal of Food Science*, 72(9): S629-S638 pp.
- Nykter, M., Kymäläinen, H.R., Gates, F. and Sjöberg, A.M.**, 2006, Quality characteristics of edible linseed oil. *Agricultural and Food Science*, 15(4): 402-413 pp.
- Olivares, A., Navarro, J.L., Salvador, A. and Flores, M.**, 2010, Sensory acceptability of slow fermented sausages based on fat content and ripening time. *Meat science*, 86(2), 251-257.
- Olivares, A., Navarro, J.L. and Flores, M.**, 2011, Effect of fat content on aroma generation during processing of dry fermented sausages. *Meat Science*, 87(3): 264-273 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Ordóñez, J.A., Hierro, E.M., Bruna, J.M. and Hoz, L.D.L., 1999, Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 39(4): 329-367.
- Öven, D.C., Karakaya, M., Ünal, K. and Babaoğlu, A.S., 2017, Determination of Some Physicochemical and Textural Properties of The Sucuk with Fat Content in Various Rates. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 94-100.
- Öz, F., Kaya, M. and Aksu, M.İ., 2002, The effect of different nitrite doses and starter culture on the growth of Escherichia coli O157: H7 in sucuk (Turkish style dry sausage) processing. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26(3), 651-657.
- Özer, C.O. and Kılıç, B., 2017, Effects of replacement of beef fat with interesterified palm kernel oil on the quality characteristics of Turkish dry-fermented sausage. *Meat Science*, 131, 18-24.
- Öztan, A., 2003, Et Bilimi ve Teknolojisi, pp. 229- 230, Gıda Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- Öztan, A., 2005, Et Bilimi ve Teknolojisi, Genişletilmiş 4. Baskı Yeniden Basım TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Yayınları Kitaplar Serisi Yayın, (1).
- Öztürk, B., Serdaroglu, M. ve Ergezer, H., 2015, Et ve et ürünlerinde nitrit-nitrat; kullanm avantajları, yasal sınırlamalar ve güncel alternatif yaklaşımlar. *Academic Food Journal/Akademik Gıda*, 13(3): 257-264 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

Palamutoğlu and Sariçoban, 2016, The Effect of the Addition of Encapsulated Collagen Hydrolysate on Some Quality Characteristics of Sucuk. *Korean journal for food science of animal resources*, 36(6), 807.

Papastergiadis, A., Mubiru, E., Van Langenhove, H. and De Meulenaer, B., 2012., Malondialdehyde measurement in oxidized foods: evaluation of the spectrophotometric thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) test in various foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(38): 9589-9594.

Pintado, T., Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F., Carmona, P. and Herrero, A.M., 2015, Oil-in-water emulsion gels stabilized with chia (*Salvia hispanica* L.) and cold gelling agents: Technological and infrared spectroscopic characterization. *Food Chemistry*, 185: 470-478.

Pintado, T., Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Carmona, P. and Jimenez-Colmenero, F., 2016, Effects of emulsion gels containing bioactive compounds on sensorial, technological, and structural properties of frankfurters. *Food Science and Technology International*, 22(2): 132-145.

Pintado, T., Herrero, A.M., Jiménez-Colmenero, F., Cavaleiro, C.P. and Ruiz-Capillas, C., 2018, Chia and oat emulsion gels as new animal fat replacers and healthy bioactive sources in fresh sausage formulation. *Meat Science*, 135: 6-13.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Poyato, C., Navarro-Blasco, I., Calvo, M.I., Caverio, R.Y., Astiasarán, I. and Ansorena, D., 2013, Oxidative stability of O/W and W/O/W emulsions: Effect of lipid composition and antioxidant polarity. *Food Research International*, 51(1), 132-140.
- Poyato, C., Ansorena, D., Berasategi, I., Navarro-Blasco, Í. and Astiasarán, I., 2014, Optimization of a gelled emulsion intended to supply ω -3 fatty acids into meat products by means of response surface methodology. *Meat Science*, 98(4): 615-621.
- Poyato, C., Astiasarán, I., Barriuso, B. and Ansorena, D., 2015, A new polyunsaturated gelled emulsion as replacer of pork back-fat in burger patties: Effect on lipid composition, oxidative stability and sensory acceptability. *LWT-Food Science and Technology*, 62(2): 1069-1075.
- Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Herrero, A.M., Rodriguez-Salas, L. and Jiménez-Colmenero, F., 2012, Konjac gel as pork backfat replacer in dry fermented sausages: Processing and quality characteristics. *Meat science*, 92(2), 144-150.
- Salcedo-Sandoval, L., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Matalanis, A., McClements, D.J., Decker, E.A. and Jiménez-Colmenero, F., 2015, Oxidative stability of n-3 fatty acids encapsulated in filled hydrogel particles and of pork meat systems containing them. *Food Chemistry*, 184: 207-213.
- Sanders, T.H., 2002, Groundnut (peanut) oil, Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses. CRC, Boca Raton, 231-243.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Sarıçoban, C., Çoksever, E., Karakaya, M., Yılmaz, M.T., 2008,** Et Ürünlerinde Turunçgil Yan Ürünlerinin Kullanımı. Türkiye 10. Gıda Kongresi; Erzurum, 10: 21-23.
- Sato, A.C.K., Moraes, K.E.F.P. and Cunha, R.L., 2014,** Development of gelled emulsions with improved oxidative and pH stability. *Food Hydrocolloids*, 34, 184-192.
- Serdaroğlu, M., Öztürk, B. and Kara, A., 2015,** An overview of food emulsions: description, classification and recent potential applications. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(6): 430-438.
- Serdaroğlu, M., Nacak, B., Karabıyıkoglu, M. and Keser, G., 2016,** Effects of partial beef fat replacement with gelled emulsion on functional and quality properties of model system meat emulsions. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(6): 744-751.
- Serdaroğlu, M. and Öztürk, B., 2017,** Use of olive oil-in-water gelled emulsions in model turkey breast emulsions, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science IOP Publishing.
- Serdaroğlu, M., Nacak, B. and Karabıyıkoglu, M., 2017,** Effects of beef fat replacement with gelled emulsion prepared with olive oil on quality parameters of chicken patties. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(3): 376-384.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Serdaroğlu M., Kavuşan H.S., İpek G., Öztürk B., 2018, Effects of hot gelled linseed/peanut oil as beef fat replacer in heat treated fermented sausages on lipid oxidation. *2nd International Symposium on Lipid Oxidation and Antioxidants*, June 4-6, 2018, Graz, Avustria, 86-87p.
- Severini, C., De Pilli, T. and Baiano, A., 2003, Partial substitution of pork backfat with extra-virgin olive oil in 'salami' products: effects on chemical, physical and sensorial quality. *Meat Science*, 64(3), 323-331.
- Skeaff, C.M., and Miller, J., 2009, Dietary fat and coronary heart disease: summary of evidence from prospective cohort and randomised controlled trials. *Annals of nutrition and metabolism*, 55(1-3), 173-201.
- Šojić, B., Tomović, V., Kocić-Tanackov, S., Škaljac, S., Ikonić, P., Džinić, N., Živković, N., Jokanović, M., Tasićand, T. and Kravić, S., 2015, Effect of nutmeg (*Myristica fragrans*) essential oil on the oxidative and microbial stability of cooked sausage during refrigerated storage. *Food Control*, 54, 282-286.
- Soriano, A., A.G. Ruiz, E. Gomez, R. Pardo, F.A. Galan and M.A.G. Vinas, 2007, Lipolysis, proteolysis, physicochemical and sensory characteristics of different types of spanish ostrich salchichon. *Meat Science*, 75:661-668.
- Soyer A., 2005, Effect of fat level and ripening temperature on biochemical and sensory characteristics of naturally fermented Turkish sausages (sucuk). *Euro Food Res Technol* 221:412-415.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Soyer, A. and Ertas, A.H.**, 2007, Effects of fat level and storage time on lipid and color stability of naturally fermented Turkish sausages (Sucuk). *Journal of Muscle Foods*, 18(3): 330-340.
- Stajić, S., Stanišić, N., Lević, S., Tomović, V., Lilić, S., Vranić, D., Jokanović, M. and Živković, D.**, 2018, Physico-chemical characteristics and sensory quality of dry fermented sausages with flaxseed oil preparations. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 68(4), 367-375.
- Steinkraus, K.H.**, 1994, Nutritional significance of fermented foods. *Food Research International*, 27(3), 259-267.
- Summo, C., Caponio, F. and Pasqualone, A.**, 2006, Effect of vacuum-packaging storage on the quality level of ripened sausages. *Meat Science*, 74(2): 249-254 pp.
- Şahin, G.**, 2014, Türkiye’de Yer fıstığı (*Arachis h ypogaea* L.) Yetiştiriciliği ve Bir Coğrafi İşaret Olarak Osmaniye Yerfıstığı. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 13 (3), 619-644.
- Şanes A.**, 2006, Kalorisi ve yağ miktarı azaltılmış fonksiyonel (Diyet) sucuk Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- TGK**, 2012, Et ve et ürünleri tebliği, *Resmi Gazete*, 28488
- Toldrá, F., Sanz, Y. and Lores, M.**, 2001, Meat Fermentation Technology, In Hui, Y. H.Ed.. *Meat Science Applications*. Marcel Dekker Incorporated New York, USA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Toldrá, F., 2008, Biotechnology of flavor generation in fermented meats. In *Meat biotechnology* (pp. 199-215). Springer, New York, NY.
- Tseng, T.F., Liu, D.C. and Chen, M.T., 2000, Evaluation of transglutaminase on the quality of lowsalt chicken meat-balls. *Meat Science*, 55: 427-431.
- Turantaş, F., Kılıç, G. B. and Kılıç, B., 2015, Ultrasound in the meat industry: General applications and decontamination efficiency. *International Journal of Food Microbiology*, 198, 59-69.
- Turp, G. ve Sucu, C., 2016, Et Ürünlerinde Nitrat ve Nitrit Kullanımına Potansiyel Alternatif Yöntemler. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 231-242.
- Uran, H., 2013, Transglutaminaz ilave edilerek üretilen piliç burgerlerin kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Urso, R., Rantsiou, K., Cantoni, C., Comi, G., and Cocolin, L., 2006, Technological characterization of a bacteriocin-producing *Lactobacillus sakei* and its use in fermented sausages production. *International Journal of Food Microbiology*, 110(3), 232-239.
- Ülger, A., 2010, "Farklı Ekim Zamanı ve Bitki Sıklıklarının Yer fıstığında Bitki Gelişimi İle Meyve Verimi ve Kalitesine Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 1-2.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

Ünal, K. ve Karakaya, M., 2017, Farklı Hayvansal Yağlar İlave Edilerek Üretilen Sucukların Bazı Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Karanfil ve Tarçının Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (03). 55-65.

Ünal, K., Karakaya, M. and Öz, F., 2018, The effects of different spices and fat types on the formation of heterocyclic aromatic amines in barbecued sucuk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(2), 719-725.

Valencia, I., Ansorena, D., and Astiasarán, I., 2006, Stability of linseed oil and antioxidants containing dry fermented sausages: A study of the lipid fraction during different storage conditions. *Meat science*, 73(2), 269-277.

Verma, A.K., Chatli, M. K., Kumar, D., Kumar, P. and Mehta, N., 2015, Efficacy of sweet potato powder and added water as fat replacer on the quality attributes of low-fat pork patties. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 28(2), 252.

Verma, A.K., Chatli, M.K., Mehta, N. and Kumar, P., 2018, Assessment of physico-chemical, antioxidant and antimicrobial activity of porcine blood protein hydrolysate in pork emulsion stored under aerobic packaging condition at 4±1° C. *LWT-Food Science and Technology*, 88, 71-79.

Vignolo, G., Fontana, C. and Fadda, S., 2010, Semidry and dry fermented sausages. *Handbook of meat processing*, 379-398.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Vural, H.**, 2003, Effect of replacing beef fat and tail fat with interesterified plant oil on quality characteristics of Turkish semi-dry fermented sausages. *European Food Research and Technology*, 217(2): 100-103.
- Witte, V.C., Krauze, G.F. and Bailey, M.E.**, 1970, A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *Journal of Food Science*, 35: 582-585 pp.
- World Health Organization**, 2003, Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. In WHO technical report series 916. Geneva:WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.
- Xiong, G., Wang, P., Zheng, H., Xu, X., Zhu, Y. and Zhou, G.**, 2016, Effects of Plant Oil Combinations Substituting Pork Back-Fat Combined with Pre-Emulsification on Physicochemical, Textural, Microstructural and Sensory Properties of Spreadable Chicken Liver PÂTÉ. *Journal of Food Quality*, 39(4), 331-341.
- Yıldız-Turp, G., Serdaroglu, M.**, 2005, Effect of partial replacement of beef fat with pre-emulsified olive oil on some quality characteristics of Turkish fermented sausage (sucuk). *51st International Congress of Meat Science and Technology*, August 7-12, 2005, Baltimore, Maryland USA, 843-847p.
- Yıldız-Turp, G. and Serdaroglu, M.**, 2008a, Effect of replacing beef fat with hazelnut oil on quality characteristics of sucuk—A Turkish fermented sausage, *Meat Science*, 78(4): 447-454 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

Yıldız-Turp, G. and Serdaroğlu, M., 2008b, Fatty acid composition and cholesterol content of Turkish fermented sausage (sucuk) made with corn oil. *54th International Congress of Meat Science and Technology*, August 10-15, 2008, Cape Town, South Africa. 9-15p.

Yücel, U. ve Ötleş, S., 1998, Fermente Ürünlere bir bakış. *Dünya Gıda*, 11, 51-54.

Zhou, G.H., Xu, X.L., and Liu, Y., 2010, Preservation technologies for fresh meat—A review, *Meat science*, 86(1), 119-128.

Zhuang, X., Han, M., Kang, Z. L., Wang, K., Bai, Y., Xu, X. L. and Zhou, G.H., 2016, Effects of the sugarcane dietary fiber and pre-emulsified sesame oil on low-fat meat batter physicochemical property, texture, and microstructure. *Meat Science*, 113: 107-115 pp.

ÖZGEÇMİŞ

Gamze İPEK 21.02.1992 yılında doğmuştur. 2006 yılında Zübeyde Hanım Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi'nde başlamış olduğu lise eğitimini 2010 yılında Tekirdağ Lisesi'nde tamamlamıştır. 2011 yılında bir yıl hazırlık (İngilizce) eğitimi alarak Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başlamış ve 2016 yılında Gıda Mühendisi olarak mezun olmuştur. Aynı yıl içerisinde Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği ABD Et Teknolojisi Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.