

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**KETEN TOHUMU YAĞI İLE HAZIRLANAN TEK
KATLI JEL VE ÇOK KATLI EMÜLSİYONLARIN
ET SİSTEMLERİNDE EMÜLSİYON
KARAKTERİSTİKLERİ VE OKSİDATİF
DAVRANIŞLARI ÜZERİNE ETKİLERİ**

Merve KARABIYIKOĞLU

Tez Danışmanı: Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 10.08.2017

Bornova – İZMİR

2017

Merve KARABIYIKOĞLU tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “KETEN TOHUMU YAĞI İLE HAZIRLANAN TEK KATLI JEL VE ÇOK KATLI EMÜLSİYONLARIN ET SİSTEMLERİNDE EMÜLSİYON KARAKTERİSTİKLERİ VE OKSİDATİF DAVRANIŞLARI ÜZERİNE ETKİLERİ” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 10/08/2017 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

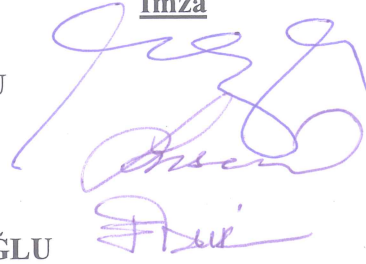
Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU

Raportör Üye : Doç. Dr. Nurcan KOCA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Eylem Ezgi FADİLOĞLU

İmza

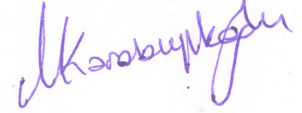


EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Keten tohumu yağı ile hazırlanan tek katlı jel ve çok katlı emülsiyonların et sistemlerinde emülsiyon karakteristikleri ve oksidatif davranışları üzerine etkileri” 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.

10/08/2017

Merve KARABIYIKOĞLU



ÖZET**KETEN TOHUMU YAĞI İLE HAZIRLANAN TEK KATLI JEL VE
ÇOK KATLI EMÜLSİYONLARIN ET SİSTEMLERİNDE
EMÜLSİYON KARAKTERİSTİKLERİ VE OKSİDATİF
DAVRANIŞLARI ÜZERİNE ETKİLERİ**

KARABIYIKOĞLU, MERVE

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU

Ağustos 2017, 110 sayfa

Çalışma 2 deneme olarak kurgulanmış olup, yenilikçi yağ azalma ve yağ asidi profili modifikasyonu stratejilerinden yararlanılmıştır. Deneme-I’de model sistem et emülsiyonlarında, formülasyona eklenen %10 sığır et yağı, keten tohumu yağı, %3 sodyum kazeinat ve % 2 jelatin kullanılarak hazırlanan tek katlı O/W jel emülsiyon ile tamamen ikame edilmiştir. Jel emülsiyonları içeren örnek formülasyonları; antioksidansız veya farklı fazlarda 100 ppm biberiye ekstraktı içerecek şekilde hazırlanarak 12 günlük depolama periyodu boyunca emülsiyon karakteristikleri ve oksidatif davranışları incelenmiştir. Az yağlı, yağ asidi profili geliştirilmiş et sistemleri O/W jel emülsiyonu kullanımıyla tekstürel özellikleri bakımından kontrole benzer bulgulanmıştır. Deneme-II’de ise et sistemlerine eklenen %10 sığır et yağı, keten tohumu yağı ve %3 sodyum kazeinat kullanılarak çok katlı emülsiyon formunda tamamen ikame edilmiştir. Çoklu emülsiyon içeren örnekler, antioksidansız/ su veya yağ fazında 100 ppm biberiye ekstraktı içerecek şekilde hazırlanarak emülsiyon karakteristikleri ve oksidatif davranışları incelenmiştir. Az yağlı, yağ asidi profili geliştirilmiş $W_1/O/W_2$ et sistemleri emülsiyonu kullanımıyla, su tutma kapasitesi ve pişme verimi değerlerinde artış; ayrılan jel ve yağ değerlerinde azalma bulgulanmıştır.

Anahtar Sözcükler: jel emülsiyon, çok katlı emülsiyon, keten tohumu yağı, lipid oksidasyonu, et ürünleri

ABSTRACT**EMULSION CHARACTERISTICS AND OXIDATIVE
CHANGES OF MEAT SYSTEMS MADE WITH O/W GEL AND
DOUBLE EMULSIONS PREPARED WITH LINSEED OIL AS
LIPID PHASE**

KARABIYIKOĞLU, Merve

MSc in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU

August 2017, 110 pages

This project is consisted of two different trials: In Trial-I, we aimed to apply O/W gel emulsions, consisting of linseed oil, sodium caseinate and jelatine; In Trial-II, we aimed to apply $W_1/O/W_2$ multiple emulsions, which are also consisting of linseed oil and sodium caseinate in low-fat added (10%) model system meat emulsions, as singly. The characteristics of pre-emulsions prepared with different techniques, and the effects of pre-emulsion incorporation as beef fat substitutes in different meat systems which included no antioxidant or 100 ppm rosemary extract in different phases were investigated. No significant differences were recorded in textural behaviours of gelled emulsion included systems ($p>0.05$). Results show that replacement of multiple emulsions could be used for improving emulsion stability, cooking yield and water holding capacity ($p<0.05$). In this project; in line with the target of healthier meat products development and also showed that gelled or double emulsions have promising impacts on developing healthier meat product formulations.

Keywords: gelled emulsion, multiple emulsion, linseed oil, lipid oxidation, meat products

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitime başladığım ilk günden itibaren büyük destek ve yakın ilgisini gördüğüm, bilgi ve birikimlerini her zaman benimle paylaşan çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Meltem SERDAROĞLU'na, yardımlarından dolayı Ar. Gör. Aslı ZUNGUR'a ve Ar. Gör. Burcu ÖZTÜRK' e, çalışmamın her aşamasında yanımda olan arkadaşım Ar. Gör. Berker NACAK'a ve diğer tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatları boyunca aldığım her kararda yoluma ışık tutan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyerek beni yüreklendiren ve her koşulda yanımda olan, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim annem Belgin KARABIYIKOĞLU, babam Mehmet KARABIYIKOĞLU ve kardeşim Kaan KARABIYIKOĞLU olmak üzere tüm aileme en içten, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xx
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxiii
1. LİTERATÜR ÖZETİ	5
1.1.Emülsiyonlar	5
1.2.Et Emülsiyonları.....	11
1.2.1. Et emülsiyonlarının temel kalite karakteristikleri.....	12
1.3. Sağlıklı Et Ürünleri Formülasyonları Geliştirilmesi Doğrultusunda Yağ Modifikasyon Stratejileri	15
1.4. Et Ürünleri Formülasyonlarında Emülsifiye Edilmiş Yağların Kullanımı.....	17
1.4.1. Et ürünlerinde basit O/W emülsiyonların kullanılması	18
1.4.2. Et ürünlerinde jel emülsiyonların kullanılması.....	21
1.5. Et ürünlerinde çok katlı emülsiyonların kullanılması	24
1.6. Et ve Et Ürünlerinde Lipid Oksidasyonu	26
2. MATERYAL VE YÖNTEM	30
2.1.Materyal	30
2.2.Deneme deseni	30
2.2.1. Deneme deseni-I	31
2.2.2. Deneme deseni-II.....	31
2.3.Deneme-I.....	32

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

2.3.1. O/W jel emülsiyonların hazırlanması	32
2.3.2. O/W jel emülsiyon içeren model sistem et emülsiyonlarının üretimi	33
2.4. Deneme-II	36
2.4.1. $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonların hazırlanması	36
2.4.1.1. $W_1/O/W_2$ emülsiyonunun birinci basamağının üretimi.....	36
2.4.1.2. $W_1/O/W_2$ emülsiyonunun ikinci basamağının üretimi.....	36
2.4.2. Çok katlı emülsiyon içeren model sistem et emülsiyonlarının üretimi	37
2.5. Yöntem	39
2.5.1. Kimyasal kompozisyon.....	40
2.5.2. pH.....	40
2.5.3. Renk (Hunter L^* , a^* , b^*) ölçümü	40
2.5.4. Su tutma kapasitesi.....	40
2.5.5. Emülsiyon stabilitesi	41
2.5.6. Pişirme kaybı.....	41
2.5.7. Ayrılan jel ve yağ miktarı	41
2.5.8. Peroksit sayısı	41
2.5.9. TBA.....	42
2.5.10. Doku profili	42
2.5.11. İstatistiksel analiz	43
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	43
3.1. Deneme:I.....	43
3.1.1. O/W jel emülsiyonlarına ait analiz bulguları	43

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

3.1.2. Isıl işlem uygulanmamış MSME-I emülsiyonlarına ait bulgular	43
3.1.2.1. Kimyasal kompozisyon	43
3.1.2.2. Su tutma kapasitesi	44
3.1.2.3. Emülsiyon stabilitesi	46
3.1.2.4. Pişirme kaybı	48
3.1.2.5. Ayrılan jel ve yağ miktarı.....	49
3.1.2.6. Peroksit sayısı tayini.....	50
3.1.2.7. TBA	51
3.1.3. Isıl işlem görmüş model sistem et emülsiyonlarına ait bulgular	52
3.1.3.1. Kimyasal kompozisyon	52
3.1.3.2. Renk (L^* , a^* , b^*).....	52
3.1.3.3. Peroksit sayısı	53
3.1.3.4. TBA	54
3.1.3.5. Doku profil analizi (TPA).....	55
3.1.4. Depolama periyodu boyunca MSME gruplarına uygulanan analizler.....	56
3.1.4.1. pH	56
3.1.4.2. Renk (L^* , a^* , b^*).....	57
3.1.4.3. Peroksit sayısı	60
3.1.4.4. TBA	62
3.2. Deneme-II.....	64
3.2.1. $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonlara uygulanan analizler	64

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

3.2.2. Isıl işlem uygulanmamış MSME-II örneklerine ait bulgular	64
3.2.2.1. Kimyasal kompozisyon.....	64
3.2.2.2. Su tutma kapasitesi	65
3.2.2.3. Emülsiyon stabilitesi	66
3.2.2.4. Pişirme kaybı	67
3.2.2.5. Ayrılan jel ve yağ miktarı	68
3.2.2.6. Peroksit sayısı	70
3.2.2.7. TBA.....	70
3.2.3. Isıl işlem uygulanmış model sistem et emülsiyonlarına ait bulgular	71
3.2.3.1. Kimyasal kompozisyon.....	71
3.2.3.2. Renk (L*, a*, b*)	72
3.2.3.3. Peroksit sayısı	73
3.2.3.4. TBA.....	73
3.2.3.5. Doku profil analizi	74
3.2.4. Depolama periyodu boyunca MSME gruplarına uygulanan analizler.....	75
3.2.4.1. pH.....	75
3.2.4.2. Renk (L*, a*, b*)	76
3.2.4.3. Peroksit sayısı	79
3.2.4.4. TBA.....	80
4. SONUÇ.....	83
5. GENEL DEĞERLENDİRME	85
6. KAYNAKLAR DİZİNİ.....	87

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

Ekler



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 W/O/W ve O/W/O tipi çoklu emülsiyonların şematik gösterimi (Benichou et al., 2004).....	10
2.2 Çok katlı emülsiyonların iki basamaklı emülsifikasyon yöntemiyle hazırlanması.....	10
2.3 Lipid oksidasyon reaksiyonları (Morrissey et al., 1998)	28
3.1Deneme-I gruplarına ait deneme deseni.....	31
3.2Deneme –II gruplarına ait deneme deseni.....	32
3.3Deneme-I model sistem et emülsiyonu üretim akış şeması	35
3.4Deneme-II model sistem et emülsiyonu üretim akış şeması	38
4.1 MSME-I örneklerine ait su tutma kapasitesi değerleri.....	46
4.2 Emülsiyon stabilitesi değerleri	48
4.3 MSME-I örneklerine ait % pişirme kaybı değerleri.....	49
4.4. MSME-I örneklerine ait ayrılan jel ve yağ miktarı değerleri.....	50
4.7 MSME-I grubuna ait kesit yüzeyi L* değerleri	58
4.8.MSME-I örneklerine ait a* değerleri	59
4.9. MSME-I örneklerine ait b* değerleri	60
4.10 MSME-I örneklerine ait peroksit sayısı değerleri (meqO ₂ /kg yağ)	62
4.11 MSME-I örneklerine ait TBA (mg malonaldehit/kg) değerleri	64
4.12 Hamur örneklerine ait su tutma kapasitesi değerleri.....	66
4.13 MSME-II örneklerine ait emülsiyon stabilitesi değerleri.....	67
4.14 MSME-II örneklerine ait pişirme kaybı değerleri.....	68
4.15 MSME-II örneklerine ait ayrılan jel ve yağ miktarı değerleri	70
4.17 MSME-II örneklerine ait pH değerleri.....	76
4.18 MSME-II örneklerine ait L* değerleri	77
4.19 MSME-II örneklerine ait a* değerleri.....	78
4.20 MSME-II örneklerine ait b* değerleri.....	79
4.21 MSME-II örneklerine ait peroksit sayısı değerleri (meqO ₂ /kg yağ)	80
4.22 MSME-II örneklerine ait TBA (mg malonaldehit/kg)değerleri.....	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge

Sayfa

2.1. Et ürünlerinde O/W emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar.....	19
2.2. Et ürünlerinde O/W jel emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar.....	22
2.3. Et ürünlerinde çoklu emülsiyonların kullanılması.....	25
3.1. Keten tohumu yağının yağ asidi kompozisyonu (%).....	30
3.2. O/W jel emülsiyon formülasyonları	33
3.3. Deneme-I Model Sistem et emülsiyonu formülasyonları.....	34
3.4. W/O/W emülsiyon formülasyonları	37
3.5. Deneme-II Model sistem et emülsiyonu formülasyonları	39
3.6. Model sistem et emülsiyonlarında uygulanacak analizler	39
4.1. O/W jel emülsiyonlara ait pH değerleri.....	43
4.2. MSME örneklerine ait kimyasal kompozisyon ve pH değerleri	44
4.3. MSME-I örneklerine ait su tutma kapasitesi değerleri.....	46
4.4. Emülsiyon stabilitesi değerleri	47
4.5. MSME-I örneklerine ait % pişirme kaybı değerleri	48
4.6. MSME-I örneklerine ait ayrılan jel ve yağ miktarı değerleri	50
4.7. MSME-I örneklerine ait peroksit sayısı (meqO ₂ /kg yağ).....	51
4.8. TBA değerleri.....	51
4.9. Kimyasal kompozisyon ve pH değerleri	52
4.10. Renk (L*, a*, b*) değerleri.....	53
4.11. MSME-I örneklerine ait peroksit sayıları (meqO ₂ /kg yağ)	54
4.12. TBA değerleri.....	54
4.13. Doku profili değerleri	56
4.14. MSME-I örneklerine ait pH değerleri	57
4.15. MSME-I örneklerine ait L* değerleri	57
4.16 Deneme-I grubuna ait kesit yüzeyi a* değerleri.....	58
4.17 Deneme-I grubuna ait kesit yüzeyi b* değerleri.....	60
4.18. MSME-I örneklerine ait peroksit sayısı değerleri (meqO ₂ /kg yağ)....	61
4.19 MSME-I örneklerine ait TBA (mg malonaldehit/kg)değerleri.....	63
4.20 W ₁ /O/W ₂ çoklu emülsiyon örneklerine ait pH değerleri	64
4.21 Kimyasal kompozisyon ve pH değerleri	65

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.22 Su tutma kapasitesi değerleri.....	65
4.23. MSME-II örneklerine ait emülsiyon stabilitesi değerleri.....	66
4.24. MSME-II örneklerine ait pişirme kaybı değerleri.....	68
4.25. MSME-II örneklerine ait % ayrılan jel ve yağ miktarı değerleri	69
4.26. MSME-II örneklerine ait peroksit sayısı değerleri(meqO ₂ /kg yağ)	70
4.27. TBA değerleri.....	70
4.28. Kimyasal kompozisyon ve pH değerleri	72
4.29. Renk (L*, a*, b*) değerleri	72
4.30. MSME-II örneklerine ait peroksit sayısı değerleri (meqO ₂ /kg yağ) ...	73
4.31. TBA değerleri (mgMA/kg ⁻¹)	74
4.32. Doku profili değerleri.....	74
4.33 MSME-II örneklerine ait pH değerleri.....	75
4.34. MSME-II örneklerine ait L* değerleri	76
4.35. MSME-II örneklerine ait a* değerleri.....	77
4.36. MSME-II örneklerine ait b* değerleri.....	78
4.37. MSME-II örneklerine ait peroksit sayısı değerleri (meqO ₂ /kg yağ) ...	79
4.38. TBA değerleri (mg malonaldehit/kg).....	80

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
°C	Santigrat derece
L*	Renk parlaklık değeri
a*	Renk kırmızılık değeri
b*	Renk sarılık değeri
<u>Kısaltmalar</u>	
mg	miligram
rpm	round per minute (devir/dakika)
O ₂	oksijen
meq	miliekivalen
TBA	Tiyobarbiturik asit
MA	Malonaldehit
K	Kontrol
aw	Su aktivitesi değeri
cm	santimetre
mm	milimetre
nm	nanometre
ml	mililitre

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
μm	mikrometre
μL	mikrolitre
ppm	parts per million (milyonda bir)
g	gram
kg	kilogram
MSME	Model sistem et emülsiyonu
O/W	Su içinde yağ emülsiyonu
W/O	Yağ içinde su emülsiyonu
$W_1/O/W_2$	Su içinde yağ içinde su emülsiyonu
KTY	Keten tohumu yağı
MUFA	Tekli doymamış yağ asitleri
PUFA	Çoklu doymamış yağ asitleri
AOAC	Association of official analytical chemist

GİRİŞ

Et ve et ürünleri; yüksek protein ve biyolojik değeri yüksek esansiyel aminoasit içeriğinin yanı sıra, demir, fosfor, çinko gibi mineraller, B grubu vitaminleri, folik asit, karnosin, konjuge linoleik asit gibi nutrasötik bileşenleri de bulundurması nedeniyle sağlıklı bir diyetin temel yapı taşlarındandır (Muguerza et al., 2004; Biesalski, 2005; Arihara, 2006). Et ve et ürünleri yüksek biyolojik yararlılığa sahip besin öğelerini içermekle birlikte yapılarındaki doymuş yağlar, sodyum ve diğer katkı maddelerinin kalp - damar hastalıkları, bazı kanser türleri, hipertansiyon ve obeziteye yol açması tüketicilerde et ürünlerini daha az tercih etme yönünde eğilimler oluşturmaktadır. Et endüstrisi tüketici talepleri doğrultusunda süregelen bir değişim halindedir. Et esaslı gıdaların tüketimindeki artışı şekillendiren en önemli eğilimlerden biri de beslenme ve sağlığı iyileştirici etkisinin olmasıdır. Et esaslı fonksiyonel gıdaların biyoaktif katkılarla besleyici değerinin yükseltilerek, diyetle ve sağlığa daha yararlı halde modernize edilmesi tüketici tavrının iyileştirilmesine yönelik bir fırsat olarak görülmektedir. Etin diyetdeki en önemli gıdalardan olması sebebiyle yeme alışkanlıklarında radikal değişikliklere neden olmadan fonksiyonel katkılar eklenmesi desteklenmelidir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2003 yılında, insanların günlük beslenmelerinde alması gereken kalorinin %15-30'unun yağlardan karşılanması ve alınan toplam yağ miktarı üzerinden doymuş yağ oranının %10'u geçmemesi gerektiğini, kolesterol miktarının ise 300 mg ile sınırlı kalması gerektiği bildirmiştir (Jimenez-Colmenero et al., 2001; Serdaroglu ve Degirmencioğlu, 2004).

Son yıllarda tüketiciler, gıdaları sadece temel beslenme aracı olarak değil, aynı zamanda sağlık üzerinde faydalı etkileri bulunan maddeler olarak da görmeye başladıkları için alternatif fonksiyonel gıdaların önemi giderek artmaktadır. Et ürünlerinde daha sağlıklı formülasyonların geliştirilmesi çeşitli stratejilerle sağlanabilmektedir; yağ miktarının azaltılması, yağ asidi kompozisyonunun geliştirilmesi, kolesterol miktarının azaltılması, biyoyararlılığın artırılması, prebiyotik, probiyotik, vitamin, mineral, doğal antioksidan gibi katkıların formülasyona eklenmesi, sentetik katkıların ve tuz kullanımının

azaltılması bu kapsamda uygulanan stratejilerdir (Jimenez-Colmenero et al., 2012). Daha sağlıklı et ürünleri formülasyonları geliştirme girişimlerinden bir tanesi de ön emülsiyonların kullanımından yararlanılarak yağ miktarının azaltılması, bitkisel yağların formülasyona eklenmesiyle yağ asitleri kompozisyonunun modifiye edilmesi ve dolayısıyla kolesterol miktarının azaltılmasıdır. Et esaslı gıdaların biyoaktif katkılarla besleyici değerinin yükseltilerek, diyet ve sağlığa daha yararlı halde modernize edilmesi tüketici tavrının iyileştirilmesine yönelik bir fırsat olarak düşünülmekte ve güncel araştırmalar bu konu üzerine yoğunlaşmaktadır.

Et ürünlerinde yağ; lezzet, doku, ağız hissi ve ürün verimi gibi kalite parametrelerine katkıda bulunan önemli bir bileşendir. Yağın azaltılması ürünün kabul edilebilirliğini yüksek oranda etkilemektedir (Giese, 1996; Huffman ve Egbert, 1990). Emülsiyon et ürünlerinin formülasyonlarında kullanılan yağ miktarının azaltılarak üretilen düşük kolesterol ve enerji içeriğine sahip ürünler tüketici talebini arttırmaktadır. Et ürünlerinde yağ miktarının azaltılması tüketici sağlığı açısından olumlu sonuçlar doğurmasına rağmen, yağın azaltılması ile ortaya çıkan teknolojik problemler, ürünlerde duyu ve fonksiyonel özellikler ve kalite karakteristiklerinin olumsuz yönde etkilenmesine sebep olmaktadır (Cengiz ve Gökoğlu, 2005). Yağlar, aldehytler, serbest yağ asitleri, ketonlar, alkoller ve hidrokarbonlar gibi bileşenlerin oluşumuna olanak sağlayarak, doğrudan veya dolaylı olarak lezzet verici maddelerin kaynağı olarak görev yapmaktadır. Bu bileşikler, düşük bulgula eşiklerine sahip olmakta ve et lezzetine önemli katkıda bulunmaktadır (Mottram, 1998).

Yağın azaltılmasıyla birlikte ürünlerde kuru ve sert bir yapı gözlenmekte, çiğneme beğenisi azalarak, zayıf lezzet oluşmaktadır. Üründe istenmeyen renk değişimleri de gerçekleşmekte, ürün verimi ve su tutma kapasitesi düşük olmaktadır (Cengiz ve Gökoğlu, 2005). Et ürünlerinde toplam kaliteyi önemli ölçüde etkilemeden yağ içeriğini azaltmak amacıyla birkaç yaklaşım ileri sürülmüştür; nispeten yağsız et kullanılması ve formülasyondaki suyun arttırılması, yağ ikamesi olarak ve formülasyondaki fazla suyun tutulması amacıyla protein esaslı katkıların ve karbonhidratların kullanılması, ön emülsiyonlar kullanılarak yağın seyreltilerek azaltılmasıdır. Et ürünlerinde yağ

kaynağı olarak, bitkisel ve/veya hayvansal yağlar ile hazırlanan emülsiyonların kullanılması yağ miktarının azaltılması ve yağ asitleri modifikasyonuna olanak sağlamaktadır (Jimenez-Colmenero et al., 2015). Et ürünlerinde geleneksel olarak fazlarına göre su içinde yağ (oil-in-water; O/W) basit ön emülsiyonları sıklıkla kullanılmaktadır. Et ürünlerinde hayvansal yağın bitkisel yağlarla hazırlanan O/W ön emülsiyonlar ile sisteme taşındığı ancak bu yöntemin, teknolojik problemler ve ürün kalite problemlerine tam anlamıyla çözümsel bir yaklaşım getirmediği anlaşılmıştır. Ürün kalitesinde olumsuz değişikliklere neden olmadan yağın azaltılması ve yağ asitleri kompozisyonunun değiştirilmesi doğrultusunda yağın O/W jel emülsiyonlar (Serdaroğlu vd., 20016; Poyato et al., 2014) ve çok katlı su içinde-yağ içinde- su (W/O/W) emülsiyonlar (Cofrades et al., 2013) ile sisteme taşınması son yıllarda çeşitli araştırmalara konu olmuştur.

Keten tohumu sağlığa yararlı bileşikler içeren önemli bir bitkisel kaynaktır, α -linolenik asit ve protein içeriği açısından zengin olan keten tohumu flavonoid, lignan ve fenolik asitler gibi fitokimyasalların da doğal kaynağıdır. Keten tohumu genellikle “fonksiyonel gıda”, “biyoaktif gıda” ve/veya “endokrin aktif gıda” olarak gruplandırılmaktadır. Keten tohumu yağı, yağ asitlerinin yaklaşık %55’ini oluşturan ω -3 (n-3) yağ asitlerinden α -linolenik asidin (ALA) en zengin kaynaklarından (Bloedon and Szapary, 2004).

Keten tohumu %5 palmitik asit (16:0), %3 stearik asit (18:0), %17 oleik asit (18:1), %15 linoleik asit (18:2) ve %59 α -linolenik asit (ALA; 18:3) içermektedir. Et ürünlerinde sadece keten tohumu yağının kullanıldığı çok az sayıda çalışma bulunmakla birlikte (Valencia et al., 2008; Poyato et al., 2014); zeytinyağı, balık yağı gibi farklı yağ kombinasyonlarıyla birlikte kullanıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Triki et al., 2013; Delgado-Pando et al., 2011; García-Iñiguez de Ciriano vd., 2010),

Et ve et ürünlerinde lipid oksidasyonu geri dönüşümü olmayan biyokimyasal değişimlere neden olmaktadır. Oksidasyon ürünün lezzet, görünüm gibi duyuşal özelliklerini olumsuz etkilemekte böylece ürün kalitesi ve kabul edilebilirliği azalmaktadır. Lipid oksidasyonu, ürünlerin raf ömrünü sınırlayan başlıca nedenlerden biri olmakla birlikte oksidasyon sonucu tüketici sağlığını

olumsuz yönde etkileyen malonaldehitler gibi oksidasyon ürünleri oluşmakta, bunun yanı sıra üründe istenmeyen tat ve koku değişimine neden olan alkoller, asitler ve karboniller de başlıca oksidasyon ürünleri arasında yer almaktadır (Fernandez et al., 2000).

Keten tohumu gibi yüksek doymamışlık oranına sahip olan bitkisel yağların emülsifiye edilerek kullanılması az yağlı, ω -3 yağ asitleri bakımından zenginleştirilmiş, daha sağlıklı et ürünleri formülasyonları geliştirilmesine olanak sağlayabilmektedir. Doymamışlığı yüksek olan yağların et sistemleri içerisinde hızla okside olmaları ürün kalitesinde önemli problemlere neden olacaktır. Bu nedenle hazırlanan ön emülsiyonlarda doğal antioksidan kaynakları kullanılarak oksidasyonun yavaşlatılması mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada hayvansal yağın, tek katlı O/W jel veya çok katlı ($W_1/O/W_2$) emülsiyon halinde ve farklı fazlarında doğal bir antioksidan olan biberiye ekstraktı içerecek şekilde ön emülsifiye edilmiş keten tohumu yağı ile ikame edilmesinin, model sistem sığır eti emülsiyonlarının emülsiyon karakteristikleri ve oksidatif stabiliteleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

1.1. Emülsiyonlar

Gıda endüstrisinde emülsiyon bilimi, ürün kalitesini ve üretim etkinliğini geliştirme konusunda olanak sağlamaktadır. Doğal ve işlenmiş birçok gıdanın, yapısında kısmen ya da tamamen emülsiyonlar yer almakta olup, bazı gıdalar üretimin belirli aşamalarında emülsiyon formunda olmaktadır (Dalglish, 2004; McClements, 2005). Belirli kalite karakteristiklerine sahip emülsiyon esaslı bir gıdanın üretimi, en uygun hammaddelerin ve proses koşullarının seçilmesine önemli ölçüde bağlı olmaktadır (McClements, 2005).

Genel anlamda birbiriyle karışmayan iki sıvıdan (genellikle yağ ve su) birinin diğeri içerisinde küçük damlacıklar halinde dağılmasıyla oluşan yapı emülsiyon olarak tanımlanmaktadır (Dickinson, 1992; McClements, 2005; McClements et al., 2007; Zhang, 2011). Gıda emülsiyonlarının çoğu farklı fiziko-kimyasal özelliklere sahip üç bölgeden oluşmaktadır. Bunlar emülsiyon içerisinde damlacık halinde yayılım gösteren faz “kesikli faz”, damlacıkları çevreleyen sıvı faz “sürekli faz” ve ara yüzey tabakası olarak adlandırılır (McClements, 2005; McClements et al., 2007). Emülsiyondaki moleküller, bu üç bölge içinde konsantrasyon ve polaritelerine göre farklı şekilde dağılım göstermektedirler (Wedzicha, 1988).

Termodinamik stabilite açısından emülsiyonlar; makro-, mikro- ve nano-emülsiyonlar olarak sınıflandırılırken; fazlarına göre, basit ve kompleks emülsiyonlar olarak sınıflandırılmaktadır. Basit veya kompleks emülsiyonlar işleme sürecine ve son ürün özelliklerine göre termodinamik özellikler kazanmaktadırlar (Benichou et al., 2004). Farklı tip emülsiyonları tanımlamak için birden çok terim bulunmaktadır ve bu terimleri açığa kavuşturmak oldukça önemlidir (Tadros et al., 2004; McClements, 2010; McClements and Rao, 2011).

Emülsiyonların kararlılığı konusunda, kimyasal etkenler ile ortamda bulunan moleküllerin türü değişirken, fiziksel etkenler ile ortamda bulunan moleküllerin yapısal organizasyonu ve dağılımı değişim göstermektedir.

Emülsiyonlarda gerçekleşen fiziksel stabilite sorunları kremleşme, flokülasyon, koalesans, faz ayrımı, Ostwalt damlacık büyümesi; kimyasal stabilite sorunları ise oksidasyon ve hidroliz olaylarıdır (Dickinson, 2003). Bir emülsiyonda dispers halde dağılmış partiküller, yer çekiminin etkisi altında ve iç ile dış faz arasındaki yoğunluk farkına bağlı olarak dibe çökme ya da üstte toplanma eğilimindedirler (Gönül, 2000). Partiküllerin yoğunluğu sürekli fazdan daha düşük ise yukarı doğru (kremalaşma), yüksek ise aşağı doğru (sedimentasyon) hareket gerçekleşir. Flokülasyon, damlacıklar arasında oluşan çekim kuvvetlerinin, kısa dönemli olmasa da uzun dönemli itme kuvvetlerine karşı baskın olduğu durumlarda gözlenmekte olup, iç faz damlacıklarının üç boyutlu kümeler halinde kendi bireysel sınırlarını kaybetmeden bir araya gelmesidir. Damlacıklar birbirlerine çok yakın olmakla birlikte, koalesans oluşumuna neden olacak şekilde karışmamaktadır (Gönül, 2000). Flokülasyon oluşumuna neden olan etkenler; emülsiyon içerisinde damlacık konsantrasyonunda ve damlacık büyüklüğündeki azalma, sürekli fazın viskozitesindeki azalma, partikül çap dağılımında gözlenen geniş dağılım, emülsiyona uygulanan karıştırma ve damlacıklar arası gerçekleşen etkileşim kuvvetleridir (McClements, 2007). Koalesans ise emülsiyon damlacıklarının büyük damlacıklar oluşturacak şekilde birleşmesi, büyümesidir (Gönül, 2000).

Termodinamik özellikler çerçevesinde bir emülsiyonun partikül büyüklüğü oldukça önemli olmakla birlikte, kararlılık (flokülasyon, koalesans, faz ayrışması vb.), optik özellikler (parlaklık ve renk), reolojik özellikler (viskozite), ve duyuşal özellikler (kremalaşma) üzerine de etkilidir (McClements, 2005; McClements et al., 2007). Partikül boyutu kullanılan emülgatör miktarına göre değişim göstermekte olup, emülsiyona uygulanan homojenizasyon basıncının, homojenizatörden geçirilme sayısının ve emülsiyon konsantrasyonunun artırılması ile düşürülebilmektedir (McClements, 2012). Partikül boyutları emülsiyon içerisinde aynı büyüklükte ise monodispers, belli bir aralıkta değişim göstermekte ise polidispers olarak adlandırılmakta, emülsifiye gıdalar bu grupta değerlendirilmektedir (McClements, 2005).

Termodinamik açıdan emülsiyonlar incelendiğinde, “makroemülsiyon” olarak tanımlanan klasik emülsiyonların tipik olarak ortalama damlacık çapı 100

nm ile 100 µm arasındadır. Makroemülsiyonlar çevresel koşulların değişimine oldukça duyarlı olmalarının yanı sıra, süt, içecek, kaplamalar, mayonezler ve soslarda yaygın kullanım alanına sahiptir (Aoki et al., 2005; Peter, 2009; Zhang, 2011). Mikroemülsiyonlar kendiliğinden 5 ile 50 nm arasında damlacık çapı aralığına sahip kısmen kararlı emülsiyonlardır (Flanagan and Singh, 2006; Whitesides and Grzybowski, 2002; Zhang, 2011).

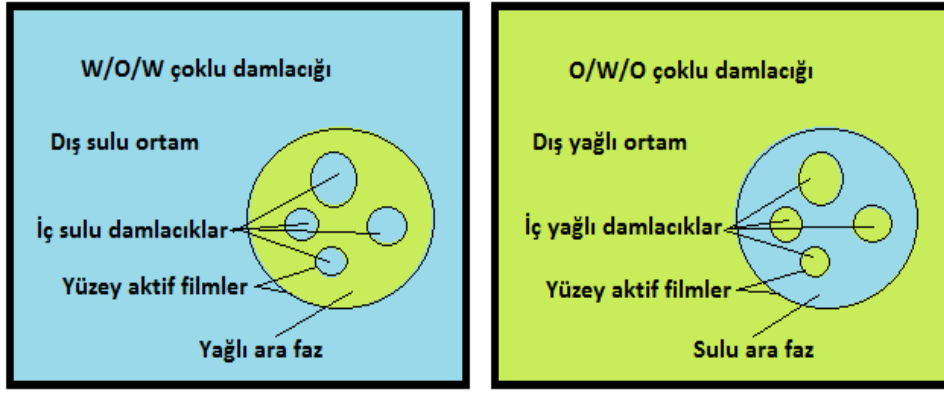
Nanoemülsiyon terimi ilk olarak Nakajima tarafından kullanılmış (Nakajima, 1993) ve günümüze kadar miniemülsiyon (El- Aasser and Sudol, 2004), mikron-altı (submicron) boyutlu emülsiyon (Amselem and Friedman, 1998) veya çok ince taneli (ultrafine) emülsiyon (Nakajima, 1997) gibi terimlerle adlandırılan 10-200 nm damlacık çapına sahip yapılardır (Solans et al., 2005). Nanoemülsiyonlar, daha küçük damlacık boyutuna sahip olmaları ve bu şekilde faz ayrılması açısından stabil olmaları, geniş yüzey alanı ile aktif bileşenlerin penetrasyonuna olanak sağlamaları ve biyo-yararlılığı artırma eğilimleri ile geleneksel emülsiyonlara kıyasla daha üstün özelliktedir (Laouini et al., 2012; Shakeel et al., 2008; Wang et al., 2008). Ancak nanoemülsiyonlar, termodinamik stabiliteye sahip mikroemülsiyonların aksine, topaklaşma (flokülasyon), kümelenme ve/veya Ostwald olgunlaşması gibi bozunmalara uğrayabilen kararsız sistemlerdir (Solans and Solé, 2012). Nanoemülsiyonlar gıda endüstrisinde fonksiyonel ajanların (örneğin; yağ asitleri, polifenoller, vitaminler, doğal renklendiriciler, antimikrobiyaller, bazı mikronütrientler ve aromalar) taşınımı konusunda yenilikçi bir yaklaşım olarak giderek artan bir önem kazanmaktadır (Mao et al., 2009; Rao et al., 2011; Zhang, 2011). Nanoemülsiyonların oluşturulmasında yüksek miktarda kayma kuvveti uygulanması ile damlacıkların yüzey gerilimi etkisi azaltılabilmektedir (Mason et al., 2006). Nanoemülsiyonlar kendiliğinden oluşmayan kararsız sistemler oldukları için hazırlanmasında genellikle yüksek enerji metotlarından yüksek basınç homojenizatörleri (Solans et al., 2005; Sanguansri and Augustin, 2006; Zhang, 2011), mikro akıştırmacılar (Swientek, 1990; Dalgleish et al., 1997; Guraya and James, 2002; Kwon et al., 2002; Thompson and Singh, 2006; Jafari et al., 2006, 2007), ultrason jeneratörleri (Xia et al., 2001; Sanguansri and Augustin, 2006; Kentish et al., 2008; Li and Chiang, 2012; Chandrapala et al., 2012; Ghosh et al., 2013) kullanılmaktadır.

Emülsiyonlar fazlarına göre basit ve kompleks emülsiyonlar olarak ayrılmaktadır. Gıdalarda geleneksel olarak sürekli ve kesikli fazlarına göre yağ içinde su (water-in-oil; W/O) veya su içinde yağ (oil-in-water; O/W) basit emülsiyonları yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Su içerisinde yağ emülsiyonlarında sürekli fazı su ve suda çözünebilen bileşikler, kesikli fazı ise yağ oluşturmaktadır. Yağ içerisinde su emülsiyonlarında ise sürekli fazı yağ, kesikli fazı ise su oluşturmaktadır. Suyun çözünürlük, yapılanma, birçok suda çözünür bileşen (mineral, asit, baz, aroma, koruyucu, vitamin, şeker, emülsiyon edici ajan, protein, polisakkarit, vb.) ile etkileşimi sağlaması gibi fonksiyonları gıda emülsiyonunun fizikokimyasal ve organoleptik özelliklerinin belirlenmesi sağlanmaktadır (Dickinson, 1992; McClements, 1999a). Yağ fazı; yağ-su ara yüzeyinde aroma bileşenleri bulundurması, yağda çözünür vitamin, antioksidan gibi katkıları muhafaza edebilmesi açısından önemlidir (McClements, 1999a). Yağ fazında çeşitli lipoliz ve oksidasyon gibi kimyasal reaksiyonlar gözlemlenebilmektedir. Yağ fazı proteinler, monogliseridler, esterler gibi küçük moleküler ağırlığa sahip yüzey aktif maddeler, fosfolipidler, polisakkaritler veya bunların bir karışımından oluşan emülgatörler ile çevrelenerek, ara yüzey tabakası oluşumu gerçekleşmektedir. Homojenizasyon sırasında oluşturabildikleri damlacık büyüklüğü, kararlı bir emülsiyon elde etmek için gerekli olan kullanım miktarları, çeşitli çevresel stres faktörlerine (pH, iyonik kuvvet, sıcaklık değişimi) karşı agregasyon stabiliteyi gibi parametrelere dikkat edilerek emülgatör seçimi yapılmaktadır. Ürün tipi, bileşenlerin cinsi ve konsantrasyonları, emülsifikasyon işleminde kullanılan homojenizatör tipi, çevresel stres faktörleri vb. birçok etkene dikkat edilmesi gerekmektedir (McClements, 2010, 2012). Sosis, salam gibi et emülsiyonları O/W, mayonez ve tereyağı gibi gıdalar W/O emülsiyonlar olup bu iki tip emülsiyon arasındaki en önemli fiziksel fark; O/W emülsiyonu düzgün, filmsi, macun benzeri bir emülsiyon oluştururken, W/O emülsiyonun bulanık bir yapıya sahip olmasıdır (Öztan, 2003; Ulu, 2005).

Jel emülsiyon sistemleri et ürünlerini de kapsayan sağlıklı gıda formülasyonlarının geliştirilmesinde yenilikçi bir yaklaşımdır (Lam and Nickerson, 2013). Jel emülsiyonlar ısıtma, enzim aktivasyonu ve asidifikasyon gibi bazı gıda prosesleri ile yumuşak- katı bir materyale dönüşebilen protein bazlı O/W veya W/O emülsiyonlarıdır (Dickinson, 2015). Jel emülsiyonlar emülsiyon

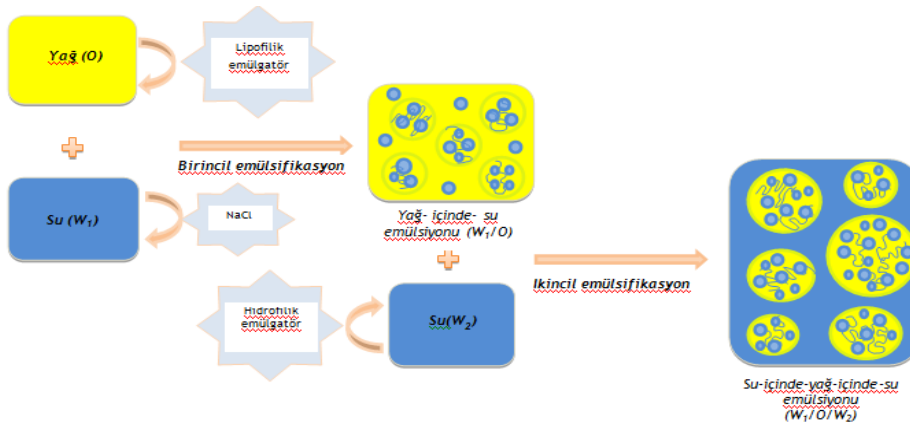
ve jel yapılarını bir arada bulundurması sebebiyle karmaşık bir yapıda olup, ağ yapısı ile jel, mekanik özellikler bakımından katı davranış göstermektedirler (Dickinson, 2013). Emülsiyon jel üretimi proteinlerle stabilize edilen emülsiyon oluşumu esasına dayanır. Sıvı halde bulunan emülsiyonun jel hale gelebilmesi emülsiyon damlacıklarının kümelenmesi ya da sürekli fazının jelleştirilmesi ile mümkün olmaktadır (Dickinson, 2013). Jel emülsiyonlar başlangıç aşamasında tipik olarak iç fazda proteinle stabilize edilen likit emülsiyon üretimi, 2. aşamada emülsiyonda enzim uygulaması (transglutaminaz), asidifikasyon (soğuk jelleşme) veya ısı uygulaması (sıcak jelleşme) gibi farklı yöntemlerden yararlanılmasını kapsayan 2 basamaklı üretim prosesiyle üretilmektedirler. Sıcak jelleşme için bazı polisakkaritler ve proteinler, soğuk jelleşme için polisakkaritler, proteinler ve enzimler kullanılabilir (Dickinson, 2012). Bitkisel ya da hayvansal kaynaklı proteinler ısı işlem, enzim uygulaması ve asitlendirme gibi yöntemlerle proteinle stabilize edilen jel emülsiyon hazırlanmasında; aljinat, karragenan ve inülin ise polisakkaritle stabilize edilen jel emülsiyon hazırlanmasında kullanılabilmektedir (Dickinson, 2012; Paradiso, 2015, Serdaroğlu, 2016a, 2016b).

Kompleks emülsiyon olan çoklu emülsiyon “bir emülsiyonun emülsiyonu” olarak tanımlanmaktadır (Benichou et al., 2004; Benichou et al., 2007; Dickinson, 2011). Çok katlı emülsiyonlar yağ içinde-su (W/O) ve su içinde yağ (O/W) morfolojilerinin bir arada bulunduran bir emülsiyon yapısında olup su içinde yağ içinde-su (W/O/W) ve yağ içinde-su içinde yağ (O/W/O) olmak üzere 2 ana tipte bulunmaktadır (Dickinson, 2011). Geleneksel tek katlı bir emülsiyonda tek bir yağ-su ara yüzey bulunurken, çoklu bir emülsiyonda iki adet yağ-su arayüzey tabakası bulunmakta, W_1 -O tabakası iç su damlacıklarını çevrelemekte, O- W_2 tabakası ise yağ damlacıklarını çevrelemektedir. W_1 /O/ W_2 tipi bir emülsiyonda W_1 iç su fazı ve W_2 dış su fazını oluşturmaktadır (Şekil 2.1.).



Şekil 1.1 W/O/W ve O/W/O tipi çoklu emülsiyonların şematik gösterimi (Benichou et al., 2004)

$W_1/O/W_2$ emülsiyonlarda iki çeşit ara yüzey bulunması sebebiyle stabilizasyonu yüksek bir emülsifikasyon işlemi için suda ya da yağda çözünür olma özelliğine göre 2 farklı emülgatöre gereksinim duyulmaktadır (deCindio et al., 1991; Dickinson, 2011). İçteki su damlacıklarını stabilize etmek için yağda çözünen bir emülgatör, yağ damlacıklarını stabilize etmek içinse suda çözünür bir emülgatör kullanılabilir (McClements et al., 2007). Şekil 2.2.'de tipik bir $W_1/O/W_2$ emülsiyonunun üretim şeması sunulmuştur. $W_1/O/W_2$ emülsiyonların oluşturulmasında standart olarak iki aşamalı üretim prosesi uygulanmaktadır. İlk aşamada W_1/O emülsiyonu hazırlanmakta, ikinci aşamada ise W_1/O emülsiyonunun, hidrofilik bir emülgatör içeren W_2 fazı ile emülsifikasyon işlemi gerçekleştirilmektedir (McClements et al., 2007; Dickinson, 2011).



Şekil 1.2 Çok katlı emülsiyonların iki basamaklı emülsifikasyon yöntemiyle hazırlanması

Çoklu emülsiyonlar tıp, eczacılık, kozmetik ve biyomedikal bilimlerde aktif bileşenlerin enkapsülasyonunda yaygın olarak kullanım alanı bulmaktadır (Charcosset, 2009; Dickinson, 2011). $W_1/O/W_2$ çok katlı emülsiyonların gıda endüstrisinde kullanımı yeni olup iki ana stratejik amaca dayanmaktadır: İlk strateji, çeşitli aromaları, biyoaktif bileşikler veya hassas gıda bileşenlerini enkapsüle etmek olup, bu yöntemle tüketim ve sindirim boyunca bu bileşenlerin kontrollü bir seviyede tutulabilmesi sağlanmaktadır. $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonları ile mineral, vitamin, karotenoid, mikroorganizma, yağlar ve fenolik bileşikler gıda sistemlerine taşınabilmektedir (Jimenez- Colmenero, 2013). İkinci strateji ise bu sistemlerin yağı azaltılmış ve daha sağlıklı gıda formülasyonlarının üretimine olanak sağlamasıdır (de Cindio et al., 1991; Garti, 1997; McClements et al., 2007; Choi et al., 2009; Dickinson, 2011). Yağı azaltılmış ürünlerde yağ yerine $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonlarının kullanımı ile, dış fazda (sürekli fazda) su içermesi nedeniyle ürünlerde lezzet hissini geliştirilmesi (de Cindio et al., 1991) ve yağ oksidasyonunu önlemesi (Choi et al., 2009; O'Regan and Mulvihill, 2010) gibi etkileri olduğu belirtilmiştir.

1.2. Et Emülsiyonları

Et emülsiyonları su ve hayvansal yağın, et proteinleri özellikle miyofibriler proteinler yardımıyla bir arada tutulmasıyla oluşan O/W emülsiyonlara birer örnektir (Zorba vd., 1993; Zorba ve Kurt, 2006). Miyofibriler proteinlerin çözünürlüğü, yağ ve su bağlama yetenekleri, kararlılık, viskozite, yoğunluk ile et sistemlerinin emülsiyon karakteristikleri ilişkilidir. Proteinlerin önemli fonksiyonel özelliklerinden birisi de jelleşme olup, miyofibriler proteinlerin ısısal işlem sonrasında jel formunda bulunmasıyla emülsifiye et ürünlerinde tekstürel özellikler ve yağ-su kararlılığı iyileştirilmektedir. Ayrıca jel formunda iken protein matriksi içerisinde önemli bazı bileşenler hapsedilebilmektedir (Ker and Toledo, 1992; Ziegler and Acton, 1984; Zorba ve Kurt, 2006). Farklı proteinler emülsiyon içerisinde farklı karakteristik özellikler göstermektedir (Doerscher et al., 2003; 2004; Rawdkuen et al., 2004; Miyaguchi et al., Zorba ve Kurt, 2006). Bu nedenle emülsiyon karakteristiklerinin geliştirilmesi çalışmalarında özellikle su tutma kapasitesi ve tekstürel özellikleri iyileştirmek amacıyla, farklı proteinlerin farklı miktarda eklenmesinin araştırılması üzerine pek çok çalışma

bulunmaktadır (Doerscher et al., 2003; Meullenet et al., 1994; Zorba ve Kurt, 2006).

Et proteinlerinin miktarı, çeşidi, protein fraksiyonlarının birbirine oranları ve birçok fizikokimyasal özelliklere bağlı olarak emülsiyon karakteristikleri değişim göstermektedir. Et emülsiyonlarında protein, yağ, su ve diğer katkıların birbirleriyle etkileşimlerinin incelenmesi ve kalite özelliklerinin belirlenerek iyileştirilmesi amacıyla temel olarak emülsiyon kapasitesi, emülsiyon viskozitesi (EV), emülsiyon stabilitesi (ES), emülsiyon jel kuvveti (EJK) ve emülsiyonun su ve yağ bağlama özelliği gibi parametreler incelenmektedir (Arslan, 2006; Karakaya, 1990; Carpenter and Saffle, 1964). Ayrıca bu parametrelere ilaveten emülsiyon oluşturulması sırasındaki ortam sıcaklığı, ortama eklenen yağın türü ve ilave edilme hızı, pH ve iyonik şiddet gibi faktörler de etkilemektedir (Zorba et al., 1993; Öztan, 2003; Ulu, 2005; Serdaroğlu, 2009).

1.2.1. Et emülsiyonlarının temel kalite karakteristikleri

Emülsiyon kapasitesi temel olarak birim proteinin (1g) emülsifiye edebileceği yağ miktarı olarak tanımlanır (Abdullah and Al-Najdawi, 2005, Zorba and Kurt, 2006). Farklı proteinler belirli koşullarda belirli miktarda yağ ile emülsiyon oluşturabilmekte olup bu koşulların iyi ayarlanamaması durumunda veya sistemde proteinlerin emülsifiye edebileceği yağ miktarından daha fazla yağ ilave edildiği takdirde emülsiyon kırılması gerçekleşmekte, yağ belirli bölgelerde toplanmakta, fazlar birbirinden ayrılarak emülsiyon kırılması olayı gerçekleşmektedir (Bawa et al., 1988; Karakaya, 1996). Yağ miktarının artmasıyla emülsiyon yoğunluğu arasında ters orantı bulunmaktadır (Özdemir vd., 1994; Zorba vd., 2005). Ayrıca proteinler pH, sıcaklık, ortamdaki tuz konsantrasyonu gibi özelliklere göre farklı emülsiyon kapasitesi değerleri göstermektedirler (Amundson and Sebranek, 1990; Ulu, 2005; Oshodi and Ojokan, 1997).

Et emülsiyon sistemlerinde, üzerinde durulan ve araştırılan en önemli emülsiyon kalite özelliklerinden birisi de emülsiyon stabilitesi olup, belirli bir zamanda emülsiyon karakteristiklerinin değişmeden kalması olarak tanımlanır.

Emülsiyondan ayrılmadan yapıda tutulan su ve yağ miktarı stabilitenin parametreleri olup emülsiyonun kararlılığı ve dayanıklılığının önemli bir ölçütüdür (McClements et al., 2007). Emülsiyon stabilitesinin analitik ölçümlerinin temel prensibi ısıtıl işlem görmüş emülsiyonun belirli şartlarda belirli süre bekletilmesi sonucu emülsiyondan ayrılan toplam sıvı miktarlarının ölçüm prensibine dayanmakta olup, et matriksinden ayrılan su ve yağ miktarının düşük olması, emülsiyonun daha stabil olduğunu göstermektedir (Gökalp vd., 2002).

Emülsiyon viskozitesi, emülsiyonun akışkanlığının bir ölçüsü olup ürüne belirli bir tekstür kazandırılmasını sağlamaktadır. Emülsiyon stabilitesi ile viskozite arasında yüksek bir korelasyon bulunmakta, viskozite arttıkça stabilite de artmaktadır. Viskozitenin çok yüksek olması emülsiyon hamuru, dolum ve pişirme aşamalarında hava cepleri, yağ ve jel kesecikleri oluşumuna sebep olarak, üründe istenmeyen bir tekstür ve yapı oluşturması sebebiyle sosis, salam gibi emülsifiye et ürünlerinde istenmeyen bir durumdur (Gökalp vd., 2010).

Emülsiyonun jel kuvveti, emülsiyonların ısıtıl işleminden sonra kazandığı yapının fiziko-mekaniksel özellikleri olarak tanımlanmakta ve emülsiyon karakteristikleri üzerine önemli etkili olmaktadır. Jelleşmenin oluşumunda emülsiyon sıcaklığı etkili bulunurken, jel sertliğinin oluşmasında myosin-aktin oranı etkili olmaktadır (Samejima et al., 1982). Emülsifiye et ürünlerinde istenilen doku ve stabil yapı miyofibriller proteinlerin ısıtıl işlem uygulamasından sonra jelleşmesiyle sağlanmaktadır (Zorba ve Kurt, 2006).

Et emülsiyonlarının mikroyapısı ve visko-elastik özellikleri, emülsiyon sıcaklığı, yağ taneciklerinin çapı, ortamın pH'sı, ortamda bulunan çözünabilir protein miktarı ve tipi ile emülsiyon viskozitesi gibi faktörlerin değiştirilebilmesi ile ilişkili olarak değişim göstermektedir (Ulu, 2005; Hongsprabhas and Barbut, 1999).

Suda çözünme özelliklerine göre et proteinleri; sarkoplazmik proteinler (suda çözünabilen), miyofibriller proteinler (tuzlu suda çözünabilen) ve stroma proteinleri (bağ dokusu proteinleri) olarak sınıflandırılmaktadır. Emülsiyon oluşumunda rol oynayan başlıca proteinler miyofibriller proteinler olup,

sarkoplazmik proteinler emülsifiye edici olarak daha az etkili olmaktadır. Bağ doku proteinleri ise emülsifiye edici özellik taşımamakla birlikte dolaylı olarak emülsiyon stabilitesinde etkili olurlar (Zorba ve Kurt, 2008). Et emülsiyonlarında, ortamdaki mevcut protein kalitesi ve konsantrasyonu ile emülsiyon kapasitesinin artması arasında paralel bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Kurt ve Zorba, 2005; Bawa et al., 1988; Karakaya, 1990; Bruckner et al., 1996). Emülsifiye edici ajan rollerinin yanında proteinler stabilize edici ya da jelleştirici ajan olarak da görev almaktadırlar (Dickinson, 2012). Samejima et al. (1982) stabil bir ara yüzey oluşumu ve iyi bir jel yapısının oluşturulabilmesi için protein konsantrasyonunun %'in üstünde olması gerektiğini bildirmiştir. Emülsifiye edilmiş yağ önemli oranda ürünün yapısını etkilemektedir. Et proteinlerinin en önemli fonksiyonel özelliklerinden birisi de çözünürlüktür ve çözeltinin pH'sına göre değişmekte olup, izoelektrik noktada minimum düzeyde olmaktadır (Kurt ve Zorba, 2005; Gençcelep, 2008). Bir emülsiyonda bulunan damlacıkların hepsi, eğer emülgatör iyonlaşmış ise, genellikle ara yüzeyde aynı tür emülgatör ile kaplı ve aynı elektrik yüküne sahiptir. Bu yükün büyüklüğüne göre oluşan elektrostatik itme kuvveti ile damlacıkların agregasyonu engellenmektedir (McClements, 2005). İyonik bir emülgatör ile stabilitesi sağlanmış emülsiyon sistemi, ortamın pH değişimine ve sulu fazdaki iyonik kuvvete karşı duyarlıdır. Proteinler izoelektrik pH'da kimyasal olarak en az aktiftirler ve sudaki çözünürlükleri ile su tutma kapasiteleri izoelektrik pH değerlerinde en düşüktür (Gökcalp vd., 2002; Serdaroğlu vd., 2006; Urgu, 2013). Sürekli fazın pH değeri farklı olduğu durumda, emülgatörün sahip olduğu yükü kaybetmesi sonucu ortamdaki partiküller arası itme kuvveti azalarak damlacıkların agregasyonu oluşmakta ve sistemde krema fazının ayrışması gözlemlenmektedir (McClements, 2005). Et emülsiyonlarında sarkoplazmik proteinlerin izoelektrik noktaları nötral pH'ya yakın olup doğal olarak ette çözünmüş halde bulunmalarına rağmen; miyofibriller proteinlerin izoelektrik pH'sının düşük olması nedeniyle (pH 5-6) çözünemilmeleri için iyonik şiddete ihtiyaç duymaktadırlar. Bu nedenle tuz ilavesi protein molekülleri arasındaki elektrostatik etkiyi azaltmakta ve proteinlerin ekstrakte edilebilirliği, çözünabilirliği ve su tutma kapasitesi artmaktadır (Serdaroğlu vd., 2006). Et emülsiyonlarında su tutma kapasitesini arttırmak amacıyla et proteinlerinin izoelektrik pH'sından uzak iyonik şiddetin yüksek olduğu koşullar sağlanmalıdır (Gençcelep, 2008).

Et emülsiyonlarında kullanılan yağ çeşidi ve ilave edilme hızı da ürün özelliklerini etkileyen parametrelerdendir. Et emülsiyonlarında hayvansal yağ kullanımı içerdiği doymuş yağ oranı nedeniyle tüketici tercihlerini olumsuz yönde etkilese de geleneksel tip et ürünlerindeki tat, aroma ve doku özelliklerinin korunması noktasında hayvansal yağın önemli rolü bulunmaktadır. Hayvansal yağ yerine bitkisel yağ kullanımı üzerine hem geleneksel emülsiyonlarda hem de model sistem et emülsiyonlarında yağın azaltılması ve yağ asidi modifikasyonu üzerine yapılan çalışmalar giderek artmaktadır (Jimenez-Colmenero et al., 2012). Wood et al. (2003) yaptıkları derlemede farklı yağ çeşitlerinin farklı erime noktasına sahip olmaları nedeniyle et emülsiyon sistemlerinin teknolojik özelliklerini etkilediğine işaret etmektedirler.

1.3. Sağlıklı Et Ürünleri Formülasyonları Geliştirilmesi Doğrultusunda Yağ Modifikasyon Stratejileri

Son yıllarda tüketicilerin gıdaları besleyici özelliklerinin yanı sıra sağlık üzerine olan etkilerini de göz önüne alarak değerlendirmeleri gıda endüstrisinde alternatif fonksiyonel gıda formülasyonları geliştirme konusundaki çalışmaların artmasına sebep olmaktadır. Et endüstrisinde daha sağlıklı formülasyonların geliştirilmesi konusundaki çalışmalar bu açıdan yoğunluk kazanmış durumdadır. Bu doğrultuda geliştirilen pek çok strateji bulunmaktadır. Et ürünlerinin içeriğinde bulunan doymuş yağ asidi oranı göz önünde bulundurulduğunda yağ miktarının azaltılması ve yağ asidi profilin geliştirilmesi dolayısıyla kolesterol miktarının azaltılması araştırılan en önemli konulardan biridir. Ayrıca biyoyararlılığının arttırılması, probiyotik, prebiyotik, vitamin, mineral, doğal antioksidan gibi katkıların formülasyona ilave edilmesi, kullanılan sentetik katkıların ve tuz miktarının azaltılması da yararlanılan diğer stratejileri oluşturmaktadır (Jimenez-Colmenero et al., 2012).

Yağ; et ürünlerinde görünüm, tekstür, sululuk, ağız hissi gibi pek çok parametreyi etkilemektedir (Keenan et al., 2014). Yağ modifikasyon teknikleri genel anlamda toplam yağ miktarını, doymuş yağ asidi ve kolesterol miktarının azaltılması ve yağ asidi profilinin geliştirilmesini hedeflemektedir (Hygreeva et al., 2014). Yağ modifikasyonu stratejilerinde yağ harici ikamelerden de

yararlanılmakta olup, su, karbonhidrat ve protein bazlı ikameler başlıcalarıdır. Protein bazlı yağ ikameleri olarak kollajen (Eilert et al., 1993), soya proteini (Angor and Abdullah, 2010), peynir altı suyu proteini (Serdaroğlu, 2006) örnek verilebilmektedir. Su tutma, jel oluşturma özellikleri bakımından tahıl unları (Huang et al., 1999; Bond et al., 2001), sebze unları (Serdaroğlu vd., 2005), meyve ve sebze lifleri (Cengiz ve Gökoğlu 2005; Garcia et al., 2007); inülin ve β -glukan (Alvarez and Barbut, 2013), gamlar (Brewer, 2012) karbonhidrat bazlı yağ ikamelerindendir.

Yağ modifikasyon stratejilerinde; bitkisel sıvı yağlar, et orijinli olmayan katı yağlar, oleojel ve yağ bulk sistemleri ve ön emülsifiye edilmiş yağlar kullanılmaktadır. Bitkisel yağların doğrudan formülasyona ilave edilmesi teknolojik problemler, pişirme kaybı artışı ve yüksek doymamışlık sebebiyle lipid oksidasyonunda artış gibi problemlere sebep olmaktadır. Sosislerde zeytinyağı kullanımıyla dokuda yumuşama (Bloukas vd., 1997), sürülebilir sosiste soya yağı kullanımıyla TBA değerinde yükselme (Hong vd., 2004), frankfurterde zeytinyağının doğrudan ilavesi ile sertlik değerinde azalma, yapışkanlık değerinde artma bulgulanmıştır (Luruena-Martinez vd., 2004).

Et orjinli olmayan katı yağların et ürünleri formülasyonlarına taşınması da uygulanan stratejilerden biridir. Sosislerde, interesterifiye ayçiçek, soya, palm, kanola, pamuk, aspir ve mısır yağı kullanımı (Ospina-E et al., 2010); sucuklarda, interesterifiye palm ve pamuk yağı; köftelerde kısmi hidrojene palm yağı kullanımı araştırılmıştır.

Oleojel sistemlerin et formülasyonlarına taşınması, organik çözücülerle bitkisel sıvı yağlara jel benzeri yapı kazandırılması prensibine dayanmaktadır. Frankfurter tipi sosislerde kanola yağının etil selüloz ile oleojel sistem haline getirilerek ikame olarak kullanılmasıyla yağ asidi profili değiştirilirken, tekstürel özelliklerin de geliştirilmesi sağlanmıştır (Zetz et al., 2012). Lupi et al. (2014) sürülebilir sosislerde ayçiçek yağı, zeytinyağında monogliserit ve polikosanol kullanılarak oleojel sistem halinde ilave edilmesiyle stabilite sağlandığını bulgulanmıştır.

Yağ bulk sistemleri et ürünleri formülasyonlarında yağ modifikasyon stratejilerinden biri olarak kullanılmakta olup hidrojel ağ yapısında sıvı faz dispersiyonu ile yapılandırılarak kullanılması lipid stabilizasyonunu sağlamaktadır. Salcedo-Sandoval et al. (2013) frankfurter tipi sosiste zeytinyağı ile hazırlanan konyak jel kullanımı ile yağ asidi profili geliştirilirken, teknolojik kalite karakteristiklerinin korunduğunu bildirmiştir. Herrero et al. (2014) frankfurter tipi sosiste zeytinyağı, aljinat ve inülin içeren bulk sisteminin ilave edilmesinin tekstürde gelişme sağlanıp, su tutma kapasitesini arttırdığını bulgulamıştır.

Daha sağlıklı et ürünleri formülasyonları geliştirme stratejilerinden en önemlilerinde biri de ön emülsiyonların kullanımıyla yağ miktarının azaltılması, bitkisel yağların kullanımıyla yağ asitleri kompozisyonunun modifiye edilmesi ve kolesterol miktarının azaltılmasıdır (Arihara, 2006).

1.4. Et Ürünleri Formülasyonlarında Emülsifiye Edilmiş Yağların Kullanımı

Daha sağlıklı et ürünleri üretiminde; yağ miktarının azaltılması ve yağ asidi profilinin geliştirilmesi; doymamış yağ asitlerince zengin bitkisel yağların emülsifiye edilerek kullanımıyla mümkün olabilmektedir (Olmedilla-Alonso et al., 2013). Emülsifiye edilmiş yağ kaynaklarının kullanımıyla bitkisel yağların doğrudan formülasyona eklenmesiyle üretim sırasında oluşabilecek teknolojik kalite problemlerinin engellenebilmesinin yanı sıra et ürünlerinde lipid oksidasyonun yavaşlatılabilmesi de mümkün olabilmektedir. Farklı türde yağ kaynaklarının protein ve/veya karbonhidrat esaslı emülsifiye edici ajanlar varlığında emülsifiye edilerek kullanılması ile; et matriksinin su ve yağ bağlama kapasitesi artırılarak su ve yağın sistemde tutulması sağlanabilmekte, emülsiyonlara antioksidan katkıların eklenmesi ile doymamışlık oranı yüksek olan bitkisel yağlar kullanıldığında oksidatif kararlılığının artırılabilmesi mümkün olmaktadır. Et ürünlerinde emülsifiye edilmiş yağların kullanımıyla az yağlı, yağ asidi kompozisyonu değiştirilmiş, daha sağlıklı et ürünlerinin üretimine olanak sağlanabilmektedir (Jimenez-Colmenero, 2007). Yapılan çeşitli çalışmalarda emülsifiye et ürünleri formülasyonlarında yağ miktarının azaltılması amacıyla

hayvansal ya da bitkisel yağlarla (fındık, mısır, ayçiçek, soya ve zeytinyağı vb.) hazırlanan emülsiyonların kullanılabileceği öngörülmüştür (Serdaroğlu vd., 2016; Xiong et al., 2016; Salcedo-Sandoval et al., 2015). Et ürünlerinde hayvansal yağın emülsifiye yağlar ile ikamesinde basit (O/W) emülsiyonlar (Xion et al., 2016; Serdaroğlu vd., 2015; Urgu, 2013), O/W jel emülsiyonlar (Salcedo-Sandoval et al., 2015; Pintado et al., 2016a) ve çok katlı ($W_1/O/W_2$) emülsiyonlar (Freire et al., 2016; Cofrades et al., 2014; Serdaroğlu vd., 2016b) konusunda yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

1.4.1. Et ürünlerinde basit O/W emülsiyonların kullanılması

Emülsifiye et ürünlerinde yağ miktarı ve doymuş yağ asitleri oranının azaltılması amacıyla bitkisel yağlar (mısır, ayçiçek, soya, fındık ve zeytinyağı vb.) ile hazırlanan emülsiyonların formülasyona eklenmesiyle ortaya çıkabilecek kalite problemlerinin önlenerek duyu kalitenin geliştirilmesinin mümkün olabileceği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Ertaş ve Karabaş, 1998; Pappa et al., 2000; Vural vd., 2004; Özvural ve Vural, 2008).

Et ürünlerinde doymamış yağ asitleri oranının artırılması O/W emülsiyonların formülasyona eklenmesiyle sağlanırken, beslenme otoritelerince önerilen $n-6/n-3$ oranının azaltılması mümkün olabilmektedir. Fermente sosislerde keten tohumu/kanola yağı ve sodyum kazeinat içeren O/W emülsiyonu formülasyona eklenerek $n-6/n-3$ oranında azalma sağlanırken, keten tohumu yağı içeren örneklerde 45 günlük depolama sonrasında TBA değerinde belirgin artış bulgulanmıştır (Pelser vd., 2007). Kuru fermente sosislerde keten tohumu yağı ve soya protein izolatu ile hazırlanan O/W emülsiyonu kullanılarak ürünlerdeki doymamış yağ asitleri miktarı arttırılırken; soya proteini ve balık yağı ile hazırlanan O/W emülsiyonların kullanımıyla $n-6/n-3$ oranının 2.97'ye düşürülmesi bulgulanmıştır (Valencia et al., 2006a,b). Kuru fermente sosislerde keten tohumu ve alg yağının soya protein izolatu ile hazırlanan emülsiyonun domuz yağı ile %25 oranında ikamesinin $n-6/n-3$ oranının 15.7' den 1.96'ya düşürdüğü, antioksidan ilave edilmesinin ise lipid oksidasyonunun yavaşlatılmasında etkili olduğu bulgulanmıştır (Garcia-Iniguez de Ciriano et al., 2010).

Et ürünlerinde yağın doğrudan azaltılması ve bitkisel kaynaklı yağ kullanımı sonucu oluşabilecek teknolojik ve duysal kalite problemleri O/W emülsiyonların kullanımıyla kısmen önlenilebilmekte olup; yapılan bir çalışmada frankfurter tipi sosislerde zeytinyağı, sodyum kazeinat, soya proteini izolatu ve mikrobiyal transglutaminaz ile hazırlanan O/W emülsiyonların hayvansal yağ ile ikame edilmesi sonucu duysal parametreler etkilenmeden yağ ve su bağlama kapasitesi yüksek olan ürün formülasyonları geliştirilmiştir (Jimenez-Colmenero et al., 2010). Tavuk ciğer ezmesinde ayçiçek/kanola yağı ve sodyum kazeinat ile hazırlanan O/W emülsiyonların formülasyona eklenmesiyle mikroyapının iyileştirilerek sürülebilirliğinin ve pişme veriminin arttırılabileceği saptanmıştır (Xiong et al., 2016). Yapılan bir çalışmada üzüm çekirdeği/ayçiçeği yağı ile hazırlanan O/W emülsiyonların %20'ye kadar hayvansal yağ ile ikame edildiğinde duysal özelliklerde olumsuz etki görülmediği bildirilmiştir (Asuming-Bediako et al., 2014). Model sistem et emülsiyonlarına üzüm çekirdeği ve soya yağı ile hazırlanan O/W emülsiyonun hayvansal yağ ile %30 oranında ikame edilmesi sonucu pişme kaybı artarken, emülsiyon stabilitesinin azaltıldığı saptanmıştır (Choi et al., 2010). Dana sosislerinde hayvansal yağ yerine fındık yağı ve kazeinat içeren O/W emülsiyonların kullanımıyla dokuda sertlik değerinin arttığı bulgulanmıştır (Urgu, 2013). Et ürünlerinde O/W emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar Çizelge 2.1.'de özetlenmiştir.

Çizelge 1.1 Et ürünlerinde O/W emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar

Ürün	Uygulama	Bulgular	Referans
Chorizo (Fermente et ürünü)	Zeytinyağının soya protein izolatu ile ön emülsifiye edilerek belirli oranlarda ikame edilmesi.	- Oleik ve linoleik asit miktarı artarken, kolesterol miktarının azaltılması sağlanmıştır. - Zeytinyağı ile hazırlanan emülsiyonun ikame oranı arttırıldığında olgunlaşma periyodunda ürünlerde yağ sızması görülmüştür.	Muguerza et al., 2001
Fermente	Zeytinyağının soya proteini izolatıyla ön	Doymamış yağ asitleri oranının artması ile TBA	Kayaardı ve Gök,

sucuk	emülsifiye edilerek belirli oranlarda sığır et yağıyla ikame edilmesi.	değerlerinde artış bulgulanmıştır. • %40 oranında ikame edilmesi duyusal özelliklerde olumlu etkide bulunmuştur.	2004
Chorizo	Keten tohumu yağının izole soya proteini ile ön emülsifiye edilerek domuz yağı ile ikame edilmesi	• Ürünlerde yağ asidi profili geliştirilmiştir. • Ön emülsiyon kullanılan örneklerde antioksidan katkıların da ilave edilmesiyle 5 aylık depolama periyodu boyunca yağ asidi oksidasyonu kontrol örneklerine yakın bulunmuştur.	Valencia et al.,2006a
Kurutulmuş fermente sosis	Balık yağının soya proteini ile ön emülsifiye edilerek domuz yağıyla ikame edilmesi.	• Ön emülsiyon ilave edilmesiyle $n-6/n-3$ oranının 2.97'ye düşürülmesi sağlanmış, antioksidan kullanımıyla oksidasyon yavaşlatılmıştır.	Valencia et al.,2006b
Fermente et ürünü (Hollanda tipi)	Farklı oranlarda (%10, %15, %20) sodyum kazeinat ile ön emülsifiye edilmiş keten tohumu yağı veya kanola yağı kullanımı.	Keten tohumu yağı kullanılan örneklerde $n-6/n-3$ oranında azalma gözlenmiştir. 45. günden itibaren keten tohumu yağı ön emülsiyonu kullanılan gruplarda TBARS, peroksit ve n -hegzanal değerlerinin belirgin artış gösterdiğini saptanmıştır.	Pelser vd.,2007
Fermente sucuk	Fındık yağının peynir suyu tozuyla ön emülsifiye edilerek belirli oranlarda ikame edilmesi	Artan ikame oranlarının duyusal özelliklerde ve tekstürde olumsuz değişikliklere sebep olduğu bulgulanmıştır.	Yıldız- Turp ve Serdaroğlu, 2008

Chorizo	Keten tohumu ve alg yağının soya proteini izolatu ile ön emülsifiye edilerek ikamesi	Ön emülsiyon eklenen gruplarda $n-6/n-3$ oranı 15.7' den 1.96'ya düşürülmüştür. Formülasyona doğal antioksidan ilave edilmesiyle TBA değerleri düşük bulunmuştur.	García-Iñiguez de Ciriano vd.,2010
Et emülsiyonu	Üzüm çekirdeği yağının soya protein izolatu ile ön emülsifiye edilerek ikame edilmesi	Nem, pH ve protein çözünürlüğü arttırılmıştır. İkame edilme oranının arttırılması pişme verimi ve emülsiyon stabilitesini düşürmüştür.	Choi et al., 2010

1.4.2. Et ürünlerinde jel emülsiyonların kullanılması

Et ürünlerinde O/W emülsiyonların hayvansal yağ yerine kullanımı, kalite üzerinde olumlu etkilere sahip olup yağ asidi profilinin geliştirilmesine olanak sağlamasına rağmen bazı çalışmalarda duysal kalitenin olumsuz yönde etkilenmesi, ürünlerde kılıftan yağ sızması ve lipid oksidasyonunun artması gibi bir takım kalite problemlerinin de ortaya çıkabileceği saptanmıştır (Karabıyıkoglu ve Serdaroğlu, 2017; Muguerza et al., 2001; Serdaroğlu, 2008). Bu problemlerin önlenmesi amacıyla O/W emülsiyonun hidrojel içinde stabil hale getirilerek yapılandırılarak hayvansal yağ ile ikame edilmesi daha sağlıklı et ürünleri formülasyonları oluşturulmasında yenilikçi bir yaklaşım olmaktadır (Lam and Nickerson, 2013). Jel emülsiyonlar tek katlı O/W veya W/O basit emülsiyonların ısıtma, enzim aktivasyonu veya asidifikasyon gibi bazı gıda prosesleri sonucu ağ yapısı ile jel, mekanik özellikler bakımından yumuşak-katı bir yapı kazandırılması sonucu elde edilmektedir (Dickinson, 2012). Bu konuda yapılan sınırlı sayıda çalışma bulunmakta olup emülsifiye et ürünlerinde O/W jel emülsiyonun formülasyona eklenmesinin araştırılması konusunda yoğunlaştığı ve emülsifiye et ürünlerinde fonksiyonel ve teknolojik kalite özelliklerinin geliştirildiği görülmekte olup, antioksidan eklenmesi sonucu oksidatif stabilitesinin incelenmesi konusunda literatür eksikliği bulgulanmış; veriler Çizelge 1.2.' de özetlenmiştir.

Çizelge 1.2 Et ürünlerinde O/W jel emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar

Ürün	Uygulama	Bulgular	Referans
Frankfurter sosis	Zeytinyağı, keten tohumu yağı ve balık yağı; soya protein izolatu, sodyum kazeinat ve mikrobiyal transglutaminaz (MTG) kullanılarak farklı formülasyonlardan oluşturulan O/W jel emülsiyonların domuz yağı ile ikame edilmesi	Ön emülsiyon kullanımının lipid oksidasyonu, kalıntı nitrit oranı, mikrobiyal popülasyon gibi kalite özelliklerine etkileri araştırılmış; ikame edilmesinin raf ömrünü ve kaliteyi olumsuz etkilemediği bulgulanmıştır.	Delgado-Pando et al., 2011
Bologna salam	Keten tohumu yağının karragenan kullanılarak O/W jel emülsiyon halinde kullanılması	Domuz yağının O/W jel emülsiyonla ikame edilmesi sonucu duyusal özellikleri kontrol örneklerine benzer, ω -3 yağ asitlerince zengin ürün elde edilmiştir.	Poyato et al., 2014
Köfte	Ayçiçek yağı ve karragenan kullanılarak hazırlanan O/W jel emülsiyonların farklı oranlarda domuz yağı ile ikame edilmesi	O/W jel emülsiyon kullanımı sonucu toplam yağ miktarı, kolesterol ve doymuş yağ asitleri miktarı azaltılmış, doymamış yağ asitleri miktarı arttırılmıştır. Jel emülsiyon içeren grupların duyusal özellikleri kontrol grubuna eşdeğer, lipid ve kolesterol oksidasyon ürünleri daha az miktarda bulgulanmıştır.	Poyato et al., 2015
Sosis	Balık yağının, MTG, sodyum kazeinat ve pektin kullanılarak O/W jel emülsiyon halinde domuz yağı ile ikame	Yağ miktarı azaltılırken, jel emülsiyon içeren örneklerde TBA değerleri, O/W emülsiyon içeren örneklere oranla daha düşük bulunmuştur.	Salcedo- Sandoval et al., 2015

	edilmesi		
Frankfurter sisis	zeytinyağı, chia tohum/unu, MTG, aljinat veya jelatin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonların domuz ile ikame edilmesi	O/W jel emülsiyonlar kullanılarak ürünün yağ oranı %40 azalmış, yağ asitleri kompozisyonu modifikasyonu gerçekleştirilmiştir. Jelatin kullanılan jel emülsiyon gruplarında örneklerin TBA değeri daha düşük bulunmuştur.	Pintado et al. 2016a
Frankfurter sisis	Domuz yağı yerine, zeytinyağı, chia tohum/unu, MTG, aljinat veya jelatin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonların ikame edilmesi	Daha sağlıklı et ürünü formülasyonu geliştirilmiş olup, O/W jel emülsiyonlarla hazırlanan ürünlerin oksidatif stabiliteleri yüksek bulunmuştur.	Pintado et al., 2016b
Chorizo	Keten tohumu yağı, karrageenan ile hazırlanan O/W jel emülsiyonun domuz yağı ile ikame edilmesi	%39.5 O/W jel ikamesi ile α -linolenik asit miktarı artırılırken oksidatif stabilite ve duyu özellikler kontrol örnekleri ile benzer bulunmuştur.	Alejandre et al., 2016
Model et Sistem et emülsiyonu	Zeytinyağı, inülin ve jelatin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonun sığır yağı ile farklı oranlarda ikame edilmesi	O/W jel emülsiyonun %50 oranına kadar sığır yağı ikamesi olarak kullanımıyla pişme veriminde artış gözlenirken, su tutma kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi değerleri kontrol örneklerine benzer bulunmuştur.	Serdaroğlu vd., 2016a
Tavuk köftesi	Zeytinyağı, inülin ve jelatin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonun sığır yağı ile farklı oranlarda ikame edilmesi	Jel emülsiyon içeren örneklerde, O/W jel emülsiyonun %50 oranında sığır yağı ikamesi olarak kullanımıyla pişme verimi, su tutma kapasitesinde artış	Karabıyıkoglu vd., 2016

	edilmesi	saptanmıştır.	
Tavuk köftesi	Zeytinyağı, inülin ve jelatin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonun farklı oranlarda ikame edilmesi	Jel emülsiyonun %50 oranında ikame edilmesi sonucu duyuşal özellikler kontrol örneklerine benzer bulunmuş olup, yağ asidi profili geliştirilmiş ürün elde edilmiştir.	Serdaroğlu vd., 2017

1.5. Et ürünlerinde çok katlı emülsiyonların kullanılması

Emülsiyonunun emülsiyonu olarak tanımlanmakta olan çok katlı emülsiyonlar, kompleks yapıda çok fazlı sistemler olup tıp, eczacılık, biyomedikal gibi bir çok alanda hassas bileşenlerin enkapsülasyonu konusunda kullanım alanı bulmaktadır (Dickinson, 2011). $W_1/O/W_2$ çok katlı emülsiyonlarının gıda endüstrisinde kullanımı güncel bir araştırma konusu olup, çeşitli aromaları, biyoaktif bileşikler ve vitamin, mineral gibi hassas gıda bileşenlerinin enkapsüle edilmesi (Jimenez- Colmenero, 2013); ayrıca yağ azaltılmış, yağ asidi profili değiştirilmiş ürün formülasyonları geliştirilmesi konusunda çeşitli araştırmalar bulunmaktadır (de Cindio et al., 1991; Garti, 1997; McClements et al., 2007; Choi et al., 2009; Dickinson, 2011; Karabıyıkoglu ve Serdaroğlu, 2017). Yağ azaltılmış ürünlerde yağ yerine $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonları kullanılarak, standart yöntemlerle üretilmiş emülsifiye gıda ürünlerine eşdeğer duyuşal kalitede ürünlerin elde edilebileceği öngörülmektedir (Dickinson, 2011). Bazı yağ azaltılmış peynirlerde çoklu emülsiyon kullanımının kontrol örneklerine eşdeğer duyuşal kalitede olduğu bildirilmiştir (Lobato-Calleros et al., 2006; 2008; Xu et al., 2011). $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonlarının ürünlerde lezzet hissini geliştirmesi (de Cindio et al., 1991) ve yağ oksidasyonunu kısmen önlemesi (Choi et al., 2009; O'Regan and Mulvihill, 2010) gibi etkileri de olduğu belirtilmiştir. $W_1/O/W_2$ çok katlı emülsiyonlarının et ürünlerinde de yağın azaltılması ve yağ asitleri kompozisyonu modifikasyonu amacıyla kullanımı önemli bir potansiyel oluşturmaktadır (Karabıyıkoglu ve Serdaroğlu, 2017). Bu konudaki çalışmalar oldukça sınırlı sayıda ve günceldir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonlarının et ürünlerinde kullanımında ürün bazında tek bir

çalışmanın bulunduğu (Freire et al., 2016), diğer çalışmaların ise model et sistemlerini kapsadığı görülmekte olup (Eisinaite et al., 2017; Serdaroğlu vd., 2016b; Öztürk vd., 2016) et ürünlerinde çoklu emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar Çizelge 2.3.'te özetlenmiştir

Çizelge 1.3 Et ürünlerinde çoklu emülsiyonların kullanılması

Ürün	Uygulama	Bulgular	Referans
Jel/emülsiyon et sistemi	Zeytinyağı, sodyum kazeinat veya peynir suyu proteini ile hazırlanan $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonların domuz yağı ile ikame edilmesi	$W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonlarının kullanıldığı örneklerde termal ve kremleşme stabilitesinin yüksek olduğu bulgulanmıştır. Et sistmlerinin su ve bağlama özelliklerinin, yağ asidi profilinin geliştirilmesi sağlanmıştır.	Cofrades et al., 2013
Model sistem et emülsiyonu	Chia yağı, sodyum kazeinat ve hidroksitirosol (HXT) ile hazırlanan $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonların domuz et yağı ile ikame edilmesi	Çok katlı emülsiyonlar yüksek stabilite göstermiştir. Doymamış yağ asidi oranının artması ile birlikte chia yağı kullanılan örneklerde oksidatif değişiklikler daha yüksek oranda bulgulanmıştır. HXT'in çoklu sisteme eklenen su fazında kullanımı sonucu et proteinleriyle etkileşimine bağlı olarak antioksidatif etkisinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir.	Cofrades et al., 2014
Sosis	Perilla yağı veya domuz sırt yağının sodyum kazeinat ile $W_1/O/W_2$ emülsiyon hazırlanarak ikame edilmesi	$W_1/O/W_2$ çok katlı emülsiyonların ilavesiyle yağ asitleri kompozisyonu geliştirilirken, %60 oranında yağ miktarında azalma bulgulanmıştır. Bitkisel yağın doğrudan kullanıldığı örneklerde doymamışlık oranının artmasına bağlı olarak TBA değeri daha yüksek bulgulanmıştır.	Freire et al., 2016
Model sistem et	Zeytinyağının sodyum kazeinat ile	Çoklu emülsiyonlar, yağ miktarının azaltılması ve yağ asidi kompozisyonunu	Serdaroğlu et al.,

emülsiyonu	$W_1/O/W_2$ hazırlanarak sığır et yağı ile ikame edilmesi	modifikasyonunu sağlamıştır. Emülsiyon stabilitesi ve oksidatif kararlılık çoklu emülsiyon kullanımı ile yükseltilmiştir.	2016b
Model sistem et emülsiyonu	Zeytinyağının yumurta akı tozu ile çok katlı emülsiyon hazırlanarak sığır et yağı ile farklı oranlarda ikame edilmesi	Örneklerde yağ miktarının %11.54'ten %4.01'e kadar düşürülmesi sağlanmıştır. %20 ve %30 oranında çoklu emülsiyon kullanımı ile kontrol örneğinden düşük ayrılan jel ve yağ, yüksek su tutma kapasitesi değerleri bulgulanmıştır. Çok katlı emülsiyon kullanılan örneklerde TBA değerlerinin 60 günlük depolama boyunca düşük olduğu bildirilmiştir.	Öztürk vd., 2016
Et sistemleri	Ayçiçek yağının whey protein izolatu ile W_1 fazında pancar suyu kullanılarak $W_1/O/W_2$ hazırlanarak domuz yağı ile ikame edilmesi	Tekstürel özellikler etkilenmeden et sistemlerinde stabil renk oluşumu sağlanmıştır. Çoklu emülsiyon kullanımı ile yağ asidi profili geliştirilmiş, yağ miktarı azaltılmıştır. Et sistemlerine çok katlı emülsiyonlarının ilave edilmesiyle su ve yağ bağlama özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanırken, sertlik değerinde azalma olduğu bildirilmiştir.	Eisinaite vd., 2017

1.6. Et ve Et Ürünlerinde Lipid Oksidasyonu

Oksidasyon, gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında etin lipid ve protein fraksiyonunda meydana gelen ve kaliteyi olumsuz etkileyen mikrobiyal olmayan en önemli değişikliklerden biridir. Et ürünlerinde yağlar okside olarak istenmeyen lezzet ve aromaya neden olabilirler. Oksidasyon arttıkça etin lezzet, renk, tekstür, besleyici değer ve kabul edilebilirliği azaldığı gibi (Buckley et al., 1989) ürünlerde kanserojenik istenmeyen son ürünler de oluşur (Ahn et al., 1992; Shadidi, 1994). Kesim sonrasında kaslarda bulunan antioksidanların (E,C vitamini) tükenmesi, lipid ve proteinlerde oksidasyona neden olmaktadır. Bunun dışında hayvanın türü, besi çeşidi, kas tipi ve besi ortamı da et ve et ürünlerinde oksidasyon üzerine önemli faktörlerdir. Yapılan çalışmalarda metal iyonlarının

miktarı, enzimlerde bulunan ağır metaller ve metalloproteinler, işleme sırasında ekipmandan bulaşan metaller ette oksidasyon hızının artmasında etkili olmaktadır. Tüm bunların dışında ortamdaki oksijen varlığı, ışık, sıcaklık, katkılar, işleme teknikleri, pişirme, yüksek basınç ve ambalaj da oksidasyon gelişimi açısından önemli faktörlerdir (Jacobsen et al., 2008). Günümüzde et sektörünün en büyük problemi lipid ve protein oksidasyonudur. Lipid ve protein oksidasyonu ürünün besleyici değerini düşürmesinin yanı sıra raf ömrünü azaltmakta ve ürünün kalitesini düşürmektedir (Sample, 2013).

Kesim, kas dokunun ete dönüşümünün ilk basamağıdır. Kesim işlemiyle birlikte canlı hayvanda bulunan antioksidan bileşiklerin aktivitesi sona erer. Hemoglobin ve myoglobinde bulunan demir serbest kalarak oksidasyonu katalizler (Morrissey et al., 1998). Yüksek yağ içeriğine sahip kaslar oksidasyona daha yatkındır, doymamış yağ asidi miktarı açısından zengin olan polar nitelikli fosfolipidler ise lipid grupları içerisinde oksidasyona en yatkın olan gruptur (Hultin et al., 1992).

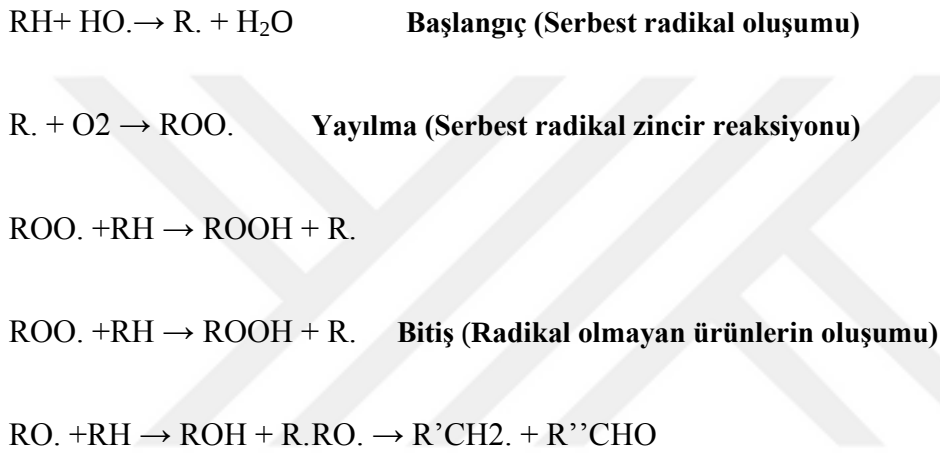
Taze etin işlenmesi sırasında oksidasyonun ilerlemesinin pek çok nedeni olabilir. Boyut küçültme işlemi sırasında et yüzeyinin arttırılması dolayısıyla oksijene maruz bırakılan yüzeyin artması oksidasyonu arttıran nedenlerden biridir. Bu işlem sırasında hücre yapısının bozulması lipolitik enzimlerin serbest hale geçmesine ve enzimatik reaksiyonlar sonucunda serbest yağ asitlerinin okside olmasına neden olmaktadır (Decker et al., 2005).

Et ürünlerinde oksidasyon, et ve yağ karışımının formülasyonu, etin parçalanma derecesi, etin pH değeri, kullanılan katkılar ve antioksidan maddeler gibi faktörlerden etkilenmektedir. Ürünlere ilave edilen tuz, oksidasyonun ilerlemesine neden olurken (Ladikos and Lougovois, 1990); antioksidanlar (Zotos et al., 1995), sodyum askorbat, nitrit ve nitrat gibi katkılar oksidasyonu yavaşlatmaktadır (Ruiz, 2007).

Lipid oksidasyonu oluşum mekanizmasında yağ asitleri ve yüksek reaktiviteye sahip olan oksijen en önemli substratlardandır. Gıdalarda oksidasyon gelişiminde, radikal özellikteki triplet oksijen veya radikal özelliğe sahip olmayan

singlet oksijen etkili olmaktadır. Lipid oksidasyonu; otooksidasyon, fotooksidasyon ve lipoksigenaz enzimiyle; ortamda ışık, reaktif oksijen, metaller, hemoglobin, myoglobin gibi uyarıcıların olması sonucu triplet oksijenin singlet oksijene dönüşmesiyle başlamaktadır (Ergezer, 2013).

Et esaslı gıdalarda lipid oksidasyonu otooksidatif olarak gerçekleşmekte olup üç aşamadan meydana gelmektedir (Şekil 2.3.). Genellikle metal iyonlarıyla katalizlenen başlangıç aşamasında lipid molekülleri (RH), lipid radikallerine (R $\cdot$) lipid molekülünden reaktif bir oksijen hidrojen atomunu uzaklaştırarak dönüşür.



Şekil 1.3 Lipid oksidasyon reaksiyonları (Morrisey et al., 1998)

İkinci aşama başlangıç aşamasından daha düşük enerji gereksinimi duyulan, çok hızlı gelişen yayılma aşamasıdır. İlk aşamada oluşan lipid radikali bu aşamada başka bir lipid radikaline dönüşür. Bu aşamada lipid radikalleri oksijenle reaksiyona girer ve oluşan reaksiyonlar sonucunda lipid molekülünden bir hidrojen atomu uzaklaşır veya alkil radikaline oksijen eklenir. Ortamda yüksek miktarda bulunan peroksit radikali (ROO $\cdot$) yağ asidi radikalleri ve yağ asitlerinin kendisinden daha fazla okside edici özelliktedir. Yayılma aşamasında ortaya çıkan bir başka ürün lipid hidroperoksitleri (RCOOH) olup bu bileşikler demir, bakır gibi metallerle reaksiyona girme eğilimindedir. Böylece peroksit radikalleri (ROO $\cdot$) ve alkosil radikalleri (RO $\cdot$) oluşur (Khayat and Schwall, 1983). Lipid otooksidasyonu mekanizmasının son aşaması olan bitiş aşamasında serbest radikaller, aldehit ve keton gibi daha stabil ürünler oluşumuna sebep olmaktadır (Morrisey et al., 1998). Yayılma aşamasında ortaya çıkan peroksit radikalleri

(ROO $\cdot$) ve alkosil radikalleri (RO $\cdot$), alkil radikallerini (R'CH $_2\cdot$) veya aldehitleri (R''CHO) oluřturabilir (Khayat and Schwall, 1983; Morrissey *et al.*, 1998). Oluşan alkil radikalleri (R'CH $_2\cdot$) zincir reaksiyonlar sonucunda etan, pentan gibi $\text{r}\ddot{u}$ nlere; aldehitler ise hekzanal, malondialdehit gibi ikincil oksidasyon $\text{r}\ddot{u}$ nllerine d $\ddot{o}$ n $\ddot{u}$ řebilirler (Erickson, 2008).

Lipid oksidasyonu et $\text{r}\ddot{u}$ nllerinde antioksidanların kullanılması ile azaltılabilir veya durdurulabilir. Antioksidanlar başlangıç radikallerini bağlayarak, zincir reaksiyonlarını kırarak, peroksitleri parçalayarak, lokalize oksijen konsantrasyonunu azaltarak ve metal iyonlara bağlanarak oksidasyonu $\ddot{o}$ nleyici etkilerini g $\ddot{o}$ sterirler (Dorman et al., 2003). Bir antioksidanın etkisi polar paradoksuna g $\ddot{o}$ re antioksidanın polaritesi ve yerleşimine bağlıdır (Sorenson et al., 2011). Ancak konsantrasyon, ortam ve diğer antioksidan maddelerin varlığıda o antioksidanın etkisi $\ddot{u}$ zerinde etkilidir (Frankel et al., 1996; Cuvelier et al., 2000).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisi'nde gerçekleştirilen üretimde kullanılan sığır eti ve yağı Pınar Entegre Et ve Un San A.Ş. (İzmir)'den temin edilmiştir.

Emülsiyonların hazırlanmasında kullanılacak olan soğuk pres keten tohumu yağı N. Bükey A.Ş. (İzmir)'den sağlanmıştır. Keten tohumu yağının yağ asidi kompozisyonu Çizelge 3.1.'de sunulmaktadır. Jelatin ve lipofilik emülsifiye edici ajan olan PGPR (Poligliserol polirisinolat- E476) Çağdaş Kimya ve Gıda San. Tic. Ltd. Şti'den sağlanmıştır. Su ve yağda çözünabilir karakterdeki biberiye ekstraktı Natureks Gıda San. Ve Dış Tic. Ltd. Şti.' den temin edilmiştir.

Çizelge 2.1 Keten tohumu yağının yağ asidi kompozisyonu (%)

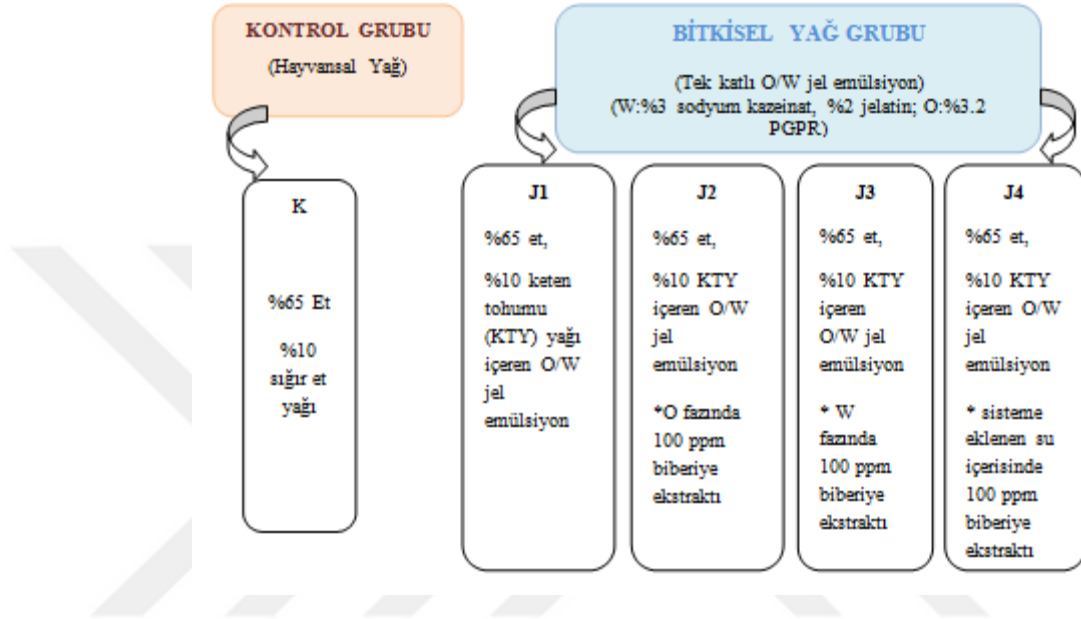
Doymuş yağ asitleri (%8.44)		Doymamış yağ asitleri (91.56)	
Palmitik asit (C16:0)	5.11	Oleik asit (C18:1)	16.33
Palmitoleik asit (C16:1)	0.07	Linoleik asit (C18:2)	16.04
Margarik asit (C17:0)	0.07	Linolenik asit (C18:3)	58.86
Stearik asit (C18:0)	3.19	Araşidik asit (C20:0)	0.11
		Eikosenoik asit	0.10
		(C20:1)	
		Behenik asit (C22:0)	0.05
		Erusik asit (C24:0)	0.07

2.2. Deneme deseni

Araştırma, 2 farklı denemeden oluşmuştur. Deneme-I' de keten tohumu yağı, sodyum kazeinat ve jelatinle hazırlanan O/W jel emülsiyonların antioksidan olarak emülsiyonun farklı fazlarında biberiye ekstraktı eklenen veya eklenmeyen model sistem emülsiyonlarında sığır et yağıyla yer değiştirilerek kullanılmıştır.

Deneme –II’ de ise keten tohumu yağı ve sodyum kazeinat ile hazırlanan çok katlı emülsiyonların, antioksidan olarak emülsiyonun farklı fazlarında biberiye kaynağı eklenen veya eklenmemiş model sistem et emülsiyonlarında sığır et yağı ile yer değiştirilerek kullanılması planlanmıştır.

2.2.1. Deneme deseni-I



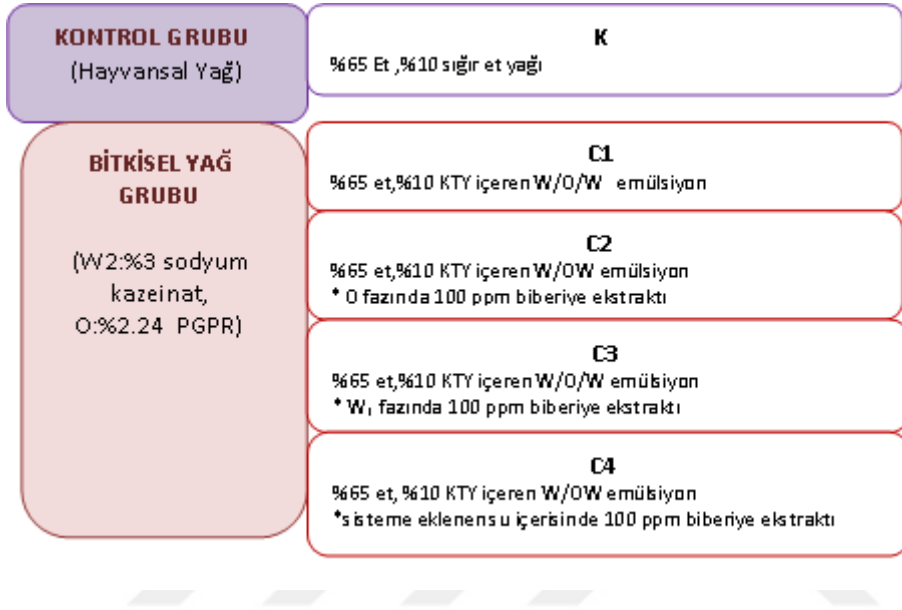
Şekil2.1 Deneme-I gruplarına ait deneme deseni

Deneme-I, 5 farklı model sistem et emülsiyonundan oluşmaktadır. %10 hayvansal yağ veya %10 keten tohumu yağı içeren O/W jel emülsiyonları model sistem et emülsiyonu formülasyonlarına eklenerek 5 farklı grup oluşturulmuştur. Tüm formülasyonlarda eklenen yağ oranı %10 olacak şekilde ayarlanmıştır. Kontrol grubu et emülsiyonu %10 sığır et yağı ile hazırlanmıştır. Keten tohumu yağı ile hazırlanan jel emülsiyonların kullanıldığı gruplarda ise bir gruba biberiye ekstraktı eklenmemiştir (J1), diğer gruplarda ise O/W jel emülsiyon içerisinde O fazında (J2), su fazında (J3) ve sisteme eklenen su fazında (J4) biberiye ekstraktı içeren örnek grupları da olmak üzere 5 farklı model sistem et emülsiyonu formülasyonuna ait deneme deseni Şekil 2.1.’ de sunulmaktadır.

2.2.2. Deneme deseni-II

2. deneme 5 farklı formülasyonda hazırlanan model sistem et emülsiyonundan oluşmaktadır. Kontrol grubu %10 sığır et yağı ile hazırlanmıştır.

Diğer deneme grupları ise %10 keten tohumu yağı ve sodyum kazeinat ile hazırlanan ve antioksidan eklenmeyen grup (C1), $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyon içerisinde O fazında (C2), W_1 fazında (C3) ve sisteme eklenen su fazında (C4) biberiye ekstraktı içeren örnek grupları da olmak üzere 5 farklı model sistem et emülsiyonu formülasyonuna ait deneme deseni Şekil 2.2.' de görülmektedir. Tüm formülasyonlarda eklenen yağ oranı %10 olacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 2.2 Deneme –II gruplarına ait deneme deseni

2.3. Deneme-I

2.3.1. O/W jel emülsiyonların hazırlanması

O/W jel emülsiyon örnekleri Poyato et al. (2014) tarafından kullanılan metodun modifiye edilmesi ile hazırlanmıştır. O/W jel emülsiyonları formülasyonları Çizelge 3.2.'de görülmektedir. O/W jel emülsiyonlar antioksidansız, O fazında 100 ppm biberiye ekstraktı içeren (J2), W fazında 100 ppm biberiye ekstraktı içeren (J3) örnekleri olmak üzere 3 farklı örnek formülasyonunda hazırlanmıştır. O fazını (50g/100 g emülsiyon) oluşturmak için; %3.2 PGPR, %46.8 KTY üzerine eklenmiştir. W fazını oluşturmak için (50g/100 g emülsiyon), %2 g jelatin ve %3 sodyum kazeinat, %45 su üzerine eklenmiştir. Su ve yağ fazları katkıların eklenmesinin ardından ayrı ayrı ısıtıcı plakada 55°C'ye gelene kadar karıştırılarak, ısıtılmıştır. Ardından yağ fazının, su fazı

üzerine pastör pipeti ile damla damla aktarılarak Ultra- Turrax (IKA, T-25) yardımıyla 6000 rpm, 5,5 dk' da emülsifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Emülsifikasyon işlemi tamamlanan O/W jel emülsiyonlar oda sıcaklığına getirilerek, 4°C'de 12 sa yapılandırılma işlemi gerçekleştirildikten sonra model sistem et emülsiyonlarında sığır et yağı ile değiştirilerek kullanılmıştır.

Çizelge 2.2 O/W jel emülsiyon formülasyonları

Örnek	W fazı (50 g)			O fazı (50 g)		Antiosidan
	Sodyum kazeinat	Jelatin	Su	Keten tohumu yağı	PGPR	Biberiye ekstraktı
Jel-1	3	2	45	46.8	3.2	-
Jel-2	3	2	45	46.8	3.2	100 ppm (O fazında)
Jel-3	3	2	45	46.8	3.2	100 ppm (W fazında)

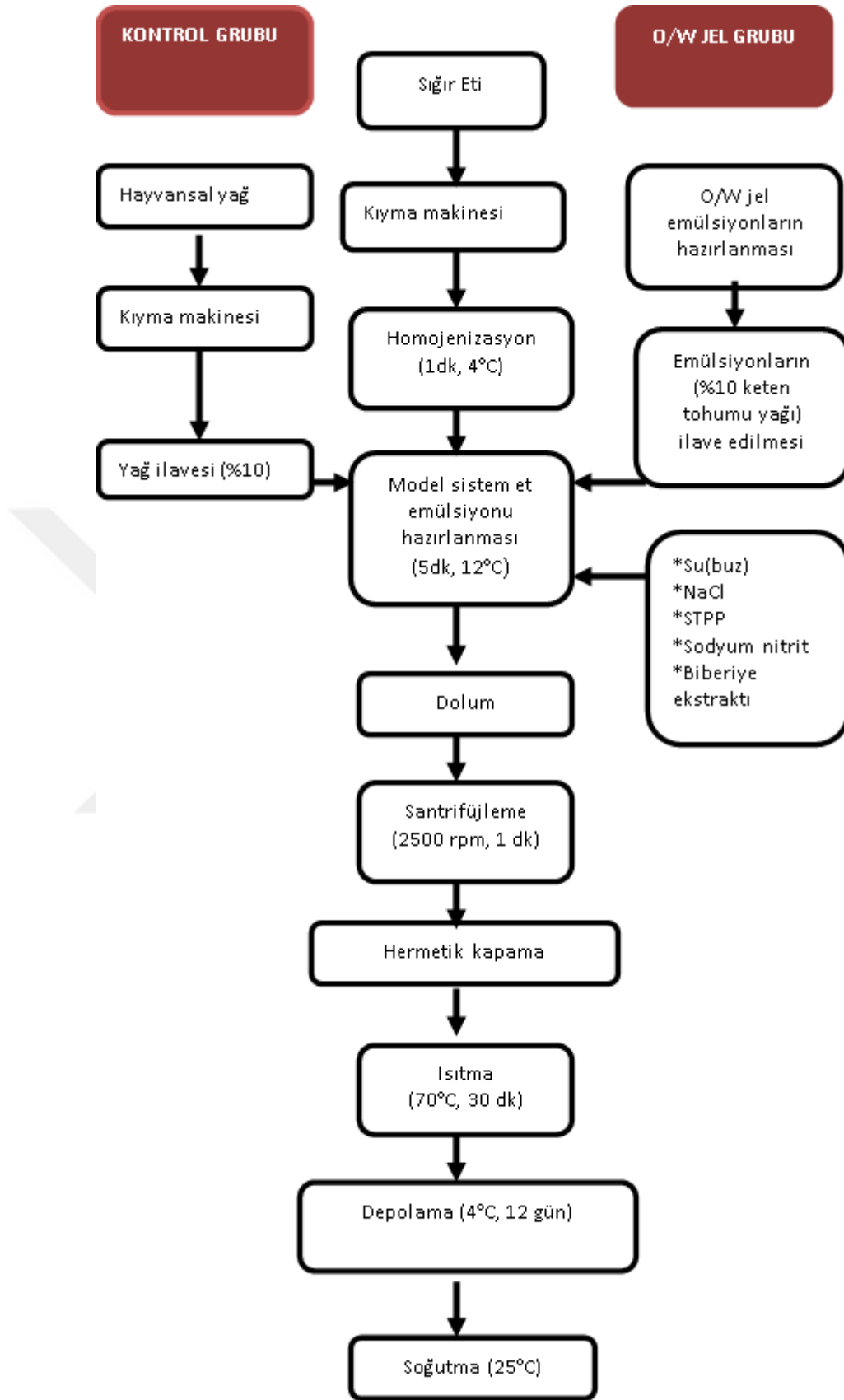
2.3.2. O/W jel emülsiyon içeren model sistem et emülsiyonlarının üretimi

Model sistem et emülsiyon sistemi Cofrades et al. (2008) tarafından kullanılan metodun modifiye edilmesiyle hazırlanmıştır. Emülsiyon üretim akış şeması Şekil 3.3.'te görülmektedir. Hazırlanan et emülsiyonlarında et içeriği %65, eklenen yağ oranı %10 olarak sabitlenmiştir (Çizelge 3.3.). Emülsiyon üretiminde öncelikle sığır eti görünen yağ ve bağ dokularından ayrılarak kıyma makinesinden geçirilmiş, kıyma haline getirilen çiğ et 1 dakika boyunca buzlu su banyosu içerisindeki parçalayıcı ile işlem boyunca ortam sıcaklığının 4°C olması sağlanarak homojenize edilmiştir. Yağ veya W/O emülsiyonu, NaCl, STPP, sodyum nitrit (son iki girdi önceden su ile seyreltilmiştir) ve suyun (buz) yarısı homojenize edilmiş etin üzerine aktararak 1 dk daha karışıma devam edilmiştir. Son olarak kalan tüm katkıları ve su (buz) eklenerek 2 dk daha emülsifikasyon işlemine devam edilmiştir. Emülsifikasyon işlemi tüm gruplar için hamur sıcaklığının 12°C'yi geçmemesi sağlanarak toplamda 5 dk olacak şekilde sabitlenmiştir. Hazırlanan emülsiyonlar plastik tüplere (D:3,5cm) aktararak hava

baloncuklarının kalmamasını sağlamak ve homojen bir kıvam elde etmek amacıyla 2500 rpm, 3°C’de, 1 dk santrifüjleme işlemine tabi tutulmuştur. Son olarak santrifüjlenen tüpler 70°C’lik su banyosunda 30 dk boyunca ısıtılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığına (25°C) soğutulan örnekler, depolama analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla +4°C’de 12 gün depolanmıştır.

Çizelge 2.3Deneme-I Model Sistem et emülsiyonu formülasyonları

Örnek	Et (g)	Sığır et yağı (g)	O/W jel emülsiyon (g)	Antioksidan (Biberiye ekstraktı, ppm)	Su (g)	NaCl (g)	STPP (g)	Sodyum nitrit (g)
K	650	100	-	-	226.85	20	3	0.15
J-1	650	-	114.35	-	114.35	20	3	0.15
J-2	650	-	114.35	100 (O fazında)	114.35	20	3	0.15
J-3	650	-	114.35	100 (W fazında)	114.35	20	3	0.15
J-4	650	-	114.35	100 (eklenen suda)	114.35	20	3	0.15



Şekil 2.3 Deneme-I model sistem et emülsiyonu üretim akış şeması

2.4. Deneme-II

2.4.1. $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonların hazırlanması

$W_1/O/W_2$ emülsiyonlarının oluşturulmasında Serdaroğlu vd. (2016b) tarafından kullanılan metottan yararlanılmış, iki basamaklı emülsifikasyon prosedürü modifiye edilerek uygulanmıştır. $W_1/O/W_2$ emülsiyon gruplarına ait $W_1:O$ ve $W_1/O:W_2$ oranları, yapılan ön deneme sonuçlarına göre $W_1:O$ 1:1 ve $W_1/O:W_2$ 7:3 olarak kullanılmıştır. Antioksidansız (C1), O fazında (C2) ve W_1 (C3) fazında 100 ppm biberiye ekstraktı içerecek şekilde oluşturulan toplam 3 farklı çoklu emülsiyon formülasyonu oluşturulmuştur (Çizelge 2.4.).

2.4.1.1. $W_1/O/W_2$ emülsiyonunun birinci basamağının üretimi

W_1/O emülsiyonunun hazırlanmasında; su (W_1) ve yağ (O) fazları ayrı ayrı hazırlanmış, daha sonra faz birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, W_1 fazının hazırlanması amacıyla NaCl saf suda çözülmüştür. O fazı ise keten tohumu yağı ile PGPR' ın 55°C' ye ulaşana kadar manyetik karıştırıcıda ısıtılması ile oluşturulmuştur. Hazırlanan W_1 fazı, O fazı üzerine pastör pipeti yardımıyla damla damla aktarılarak bu sırada Ultra-Turrax (IKA, T-25) ile 4400 rpm'de karıştırma sağlanmıştır. Su fazı aktarımı tamamlandıktan sonra karıştırma işlemine 5 dk. daha devam edilmiş, %10 sodyum kazeinat içeren W_2 fazı ise %10 sodyum kazeinat ve %0,6 (w/w) oranında NaCl eklenerek 50°C'ye ulaşana dek 600 rpm'de manyetik karıştırıcıda 5 dk. Boyunca ısıtılmıştır.

2.4.1.2. $W_1/O/W_2$ emülsiyonunun ikinci basamağının üretimi

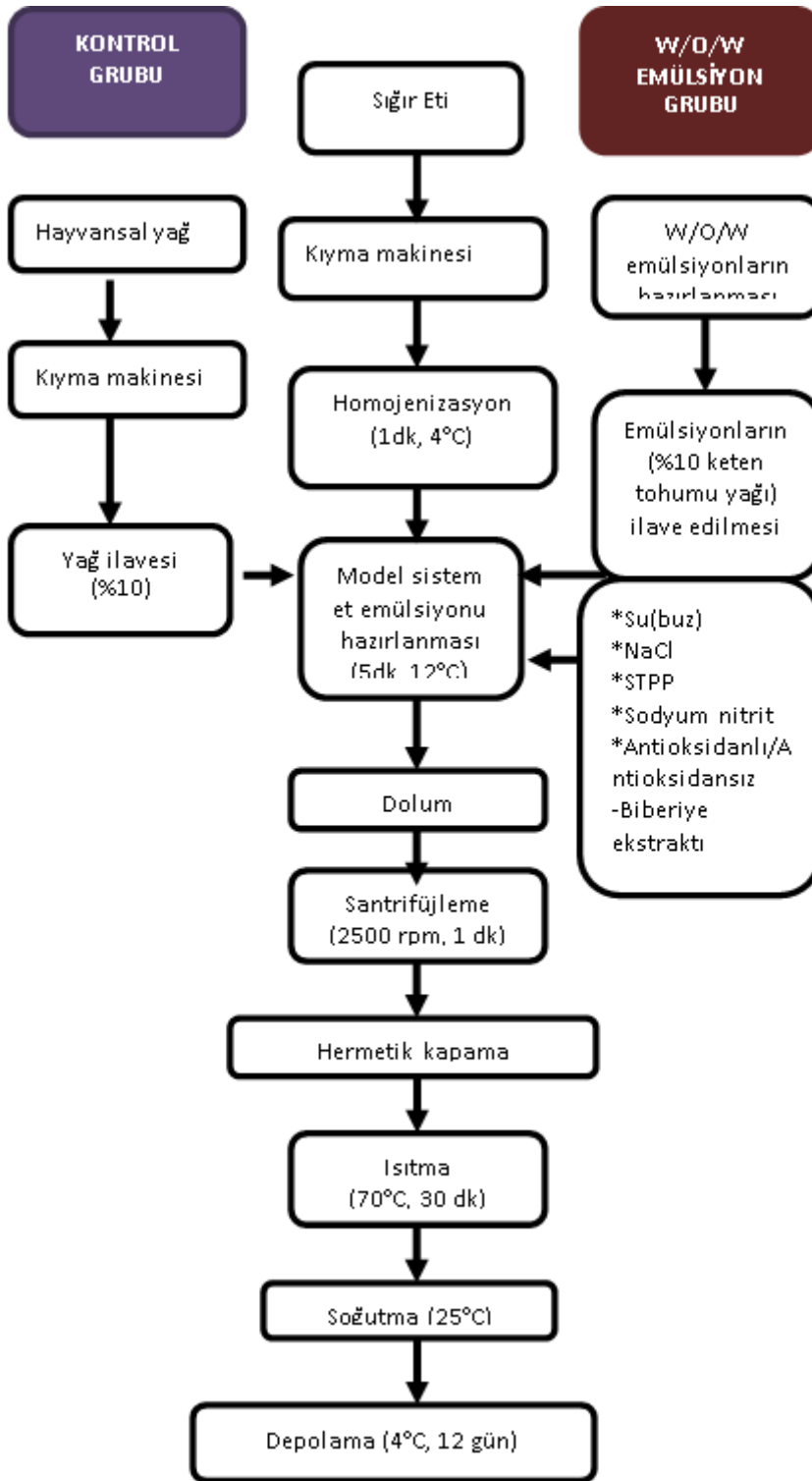
Üretimi tamamlanan W_1/O ve W_2 emülsiyonları hazırlanma aşamasından sonra +4°C'de, 12 sa bekletilmiştir. W_1/O ve W_2 fazları $W_1/O/W_2$ emülsiyonu çoklu emülsiyonu oluşturulması öncesinde oda sıcaklığına getirilmiştir. W_1/O birincil emülsiyon grupları buzlu su banyosunda bulunan W_2 fazı üzerine pastör pipeti yardımıyla aktarılarak Ultra-Turrax (IKA, T-25) ile 5200 rpm'de emülsifiye edilmiştir. Emülsifikasyon işlemi 10 dk süre ile sabitlenmiştir. Elde edilen çok katlı emülsiyonlar, analizler öncesinde +4°C'de 12 sa yapılanmanın sağlanması için bekletilmiştir.

Çizelge 2.4 W/O/W emülsiyon formülasyonları

W₁ (g)			O (g)			W₂ (g)		Antioksidan
Kod	NaCl	Su	Keten tohumu yağı	PGPR	NaCl	Sodyum kazeinat	Su	Biberiye ekstraktı (ppm)
C1	0.21	34.79	32.76	2.24	0.18	3	26.82	-
C2	0.21	34.79	32.76	2.24	0.18	3	26.82	100 (O fazı içerisinde)
C3	0.21	34.79	32.76	2.24	0.18	3	26.82	100 (W ₁ fazı içerisinde)

2.4.2. Çok katlı emülsiyon içeren model sistem et emülsiyonlarının üretimi

Çok katlı emülsiyon içeren model sistem et emülsiyonlarının akım şeması Şekil 2.5. 'de görülmektedir. Model sistem et emülsiyon sistemi Cofrades et al. (2008) tarafından kullanılan metodun modifiye edilmesiyle hazırlanmıştır. Kontrol grubu formülasyonu %65 et ve %10 sığır yağı içermektedir. Hazırlanan çok katlı emülsiyonlar, sığır et yağı yerine %100 ikame oranında formülasyonlara eklenerek toplam 5 farklı formülasyonda model sistem et emülsiyonu oluşturulmuştur. Hazırlanan et emülsiyonlarında eklenen yağ oranı %10 olarak sabitlenmiştir. Deneme-II grubu model sistem et emülsiyonlarının üretim yöntemi Cofrades et al. (2008) tarafından kullanılan yöntemin modifiye edilmesiyle oluşturulan, Deneme-I gruplarının hazırlanması bölümünde ayrıntılı bir biçimde açıklandığı şekilde gerçekleştirilmiştir. Depolama analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla emülsiyonlar +4°C'de 12 gün süresince depolanmıştır. Emülsiyon gruplarına ait formülasyonlar ise Çizelge 2.4. 'de sunulmaktadır.



Şekil 2.4 Deneme-II model sistem et emülsiyonu üretim akış şeması

Çizelge 2.5 Deneme-II Model sistem et emülsiyonu formülasyonları

Örnek	Et (g)	Sığır et yağı (g)	W ₁ /O/W ₂ emülsiyon (g)	Biberiye ekstraktı (ppm)	Su (g)	NaCl (g)	STPP (g)	Sodyum nitrit (g)
K	650	100	-	-	226.85	20	3	0.15
C-1	650	-	305	-	21.85	20	3	0.15
C-2	650	-	305	100 (O fazında)	21.85	20	3	0.15
C-3	650	-	305	100 (W ₁ fazında)	21.85	20	3	0.15
C-4	650	-	305	100 (eklenen suda)	21.85	20	3	0.15

Gruplar: **K:** %100 sığır et yağı içeren model sistem et emülsiyonu (MSME), **C1:**%10 keten tohumu yağı içerecek şekilde çok katlı emülsiyon içeren MSME, **C2:** %10 keten tohumu yağı içerecek şekilde çok katlı emülsiyon ve W₁ fazında antioksidan içeren MSME, **C3:**%10 keten tohumu yağı içerecek şekilde çok katlı emülsiyon ve sisteme eklenen suda antioksidan içeren MSME, **C4:**%10 keten tohumu yağı içerecek şekilde çok katlı emülsiyon ve Ofazında antioksidan içeren MSME

2.5. Yöntem

Deneme-I ve II' de hazırlanan model sistem et emülsiyonlarında et emülsiyonu, ısıtma işlem görmüş MSME ve depolama periyodu süresine uygulanacak analizler aşağıda sunulmuştur (Çizelge 2.6.).

Çizelge 2.6 Model sistem et emülsiyonlarında uygulanacak analizler

Et Emülsiyonu	Isıtma işlem görmüş et emülsiyonu	Depolama (0, 3, 6, 9, 12. Gün)
pH	pH	pH
Su tutma kapasitesi	Renk	Renk
Emülsiyon stabilitesi	Nem	Peroksit
Pişirme kaybı	Yağ	TBA
Ayrılan jel ve yağ miktarı	Protein	
Nem	Kül	
Yağ	Peroksit sayısı	
Protein	TBA	
Kül	Doku profili	
Peroksit sayısı		
TBA		

2.5.1. Kimyasal kompozisyon

Model sistem et emülsiyonu hamur ve son ürün örneklerinde nem, kül, protein tayinleri AOAC (2007), yağ tayini Flynn and Bramblett (1975) tarafından belirlenen metotlara göre yapılmıştır.

2.5.2. pH

O/W ve W/O/W emülsiyon örneklerinde ve model sistem et emülsiyonlarında pH ölçümü batırma tipi prob kullanılarak portatif pH metre (WTV pH 3110 set 2, Germany) ile 3 ayrı noktada gerçekleştirilmiştir.

2.5.3. Renk (Hunter L*, a*,b*) ölçümü

Model sistem et emülsiyonlarında son ürün ve depolama periyodu boyunca kesit yüzey renk ölçümü (L*-parlaklık, a*- kırmızılık, b*- sarılık) portatif renk ölçüm cihazı (CR-400, Konica Minolta, Japonya) ile 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

2.5.4. Su tutma kapasitesi

Model sistem emülsiyonlarının su tutma kapasitesi Hughes et al. (1997)'a göre ölçülmüştür. 10 g emülsiyon örneği cam kavanozlara konularak 90°C'deki su banyosunda 10 dk ısıtılmıştır. Oda sıcaklığına soğutularak pamuklu peynir bezine sarılan örnekler, 10 ml'lik polikarbon santrifüj tüplerine alınarak +4°C'de 4000 rpm'de 10 dk süreyle santrifüjleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Peynir bezi alınarak örnek tartılmış ve su tutma kapasitesi aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ STK} = 1 - T/M \times 100 = 1 - B - A/M \times 100$$

T: Isıtma ve santrifüjleme sonucu toplam su kaybı

B: Isıtma öncesi örnek ağırlığı

A: Isıtma ve santrifüjleme sonrası örnek ağırlığı

M: Örnekteki toplam su

2.5.5. Emülsiyon stabilitesi

Emülsiyon örneklerinin stabilitesi Hughes et al. (1997)'a göre ölçülmüştür. 25 g et emülsiyon 50 ml'lik polikarbon santrifüj tüplerine tartılarak +4 °C'de 4000 rpm'de 1 dk süreyle santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrası örnekler 30 dk boyunca 70°C'deki su banyosunda bekletilmiş ve aynı koşullar altında 4000 rpm'de 3 dk daha santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında katı kısım uzaklaştırılarak, sıvı kısım daha önceden tartılan kül kaplarına konulmuş ve 100°C'de bir gece kurutulmuştur. Toplam ayrılan sıvı ve yağ miktarı %'si aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

Uzaklaşan toplam sıvı miktarı (UTS) = (santrifüj tüp ve örnek ağırlığı) - (santrifüj tüp ve katı kısım ağırlığı)

% Uzaklaşan toplam sıvı miktarı = (UTS/ örnek ağırlığı)*100

% Yağ= [(kroze ve kurutulmuş sıvı ağırlığı)-(boş kroze ağırlığı)]/UTS]*100

2.5.6. Pişirme kaybı

Pişirme kaybı model sistem et emülsiyonlarının ısıtma işlem öncesi ve sonrası ağırlık farkından yararlanılarak hesaplanmıştır.

2.5.7. Ayrılan jel ve yağ miktarı

Model sistem et emülsiyonu hamurlarında ayrılan jel ve yağ miktarı Bloukas and Honikel (1992)'ye göre gerçekleştirilmiştir.

2.5.8. Peroksit sayısı

Model sistem et emülsiyonu örneklerinden hamur, son ürün ve depolama periyodu aşamalarında, kloroform:metanol (2:1) kullanılarak ekstrakte edilen 0,5-1 gram yağ erlene alınmış üzerine 30 ml asetik asit:kloroform(3:2) karışımı eklenmiştir. Yağın çözünmesi için çalkalanan erlene 1 ml doymuş potasyum iyodür çözeltisi eklendikten sonra erlen 2 dakika çalkalanmış ve 5 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Bekleme sonrasında erlene 30 ml saf su ve 1 ml %1'lik nişasta çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra 0,1 N tiyosülfat çözeltisiyle titre edilmiştir. Aşağıdaki formül kullanılarak örneklerin peroksit değeri meqO₂/kg örnek olarak ifade edilmiştir (AOAC, 1995).

$$\text{Peroksit sayısı} = \frac{[(S - B) \times N \times 1000]}{W}$$

S: Titrasyonda harcanan tiyosülfat (ml)

B: Kör için harcanan tiyosülfat (ml)

N: Tiyosülfat Normalitesi

W: Örnek Ağırlığı (g)

2.5.9. TBA

MSME gruplarının çiğ emülsiyon, ısıtılmış et emülsiyonu ve depolama periyodu aşamalarında lipid oksidasyonunun ikincil ürünlerinin tespiti amacıyla, 20 g örnek behere tartılmış ve üzerine 50 ml %20'lik TCA çözeltisi ve 1 ml %0.05'lik sülfanilamid çözeltisi ilave edilerek homojenizatörde 2dakika süreyle parçalanmıştır. Daha sonra karışım üzerine 50 ml soğuk su eklenerek 1 dakika daha parçalanmış ve karışım 100 ml'lik balon jojeye Whatman No:1 filtre kağıdı kullanılarak süzümüştür. Balon joje 1:1 TCA/Su çözeltisi ile hacme tamamlanmıştır. Balon jodan alınan 5 ml süzuntu deney tüpüne aktarılmış, 5 ml 0,02 M TBA çözeltisi eklenerek 35 dk. 80°C'ye ısıtılmış su banyosunda bekletilmiştir. Kör deneme için ise örnek yerine 5 ml 1:1 TCA:Su alınıp üzerine 0,02 M TBA eklenmiştir. Isıtma işlemi sonrasında soğutulan örneklerin absorbans değerleri UV-vis spektrofotometrede 532 nm dalga boyunda saptanmıştır. Absorbans değerleri, 5.2 faktörü ile çarpılarak kg üründeki oluşan mg malonaldehit miktarına ulaşılmıştır (Witte *et al.*, 1970).

2.5.10. Doku profili

Model sistem et emülsiyonu örneklerinin doku özellikleri tekstür cihazı (Texture Analyzer TA-XT2, Stable Micro Systems, Haslemere, UK) kullanılarak sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik parametreleri 5 tekrarlı olarak analiz edilmiştir.

2.5.11. İstatistiksel analiz

Temel istatistiksel analizler, ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma testi SPSS 20.0 paket programı ile gerçekleştirilmiştir (SPSS, 2011).

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Deneme:I

3.1.1. O/W jel emülsiyonlarına ait analiz bulguları

Deneme –I grubu jel emülsiyon örneklerine ait pH değerleri Çizelge 3.1.’ de sunulmuştur.

Çizelge 3.1 O/W jel emülsiyonlara ait pH değerleri

Örnek	pH
Jel-1	6.29 ^b ±0.01
Jel-2	6.19 ^c ±0.01
Jel-3	6.30 ^a ±0.00

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

Emülsiyon örneklerinin pH değerleri J1, J2, J3 örnekleri için sırasıyla 6.29, 6.19, 6.30 olarak bulunmuştur. O/W jel emülsiyonu formülasyonlarına suda çözünür biberiye ekstraktının eklenmesi pH değerinin artmasına (J3), yağda çözünür biberiye ekstraktının eklenmesinin (J2) ise ekstraksiyon işlemi sonucunda içerikte bulunan fenolik madde bileşimine bağlı olarak emülsiyonun pH değerinin azalmasına neden olduğu düşünülmektedir (p<0.05).

3.1.2. Isıl işlem uygulanmamış MSME-I emülsiyonlarına ait bulgular

3.1.2.1. Kimyasal kompozisyon

Deneme –I çiğ et emülsiyonu örneklerine ait kimyasal kompozisyon değerleri Çizelge 3.2.’ de sunulmuştur.

Çizelge 3.2 MSME örneklerine ait kimyasal kompozisyon ve pH değerleri

	Nem (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)	pH
K	69.37 ^{ab} ±1.62	12.93 ^c ±0.03	14.01 ^c ±0.21	2.91 ^a ±0.01	5.84 ^b ±0.01
J1	68.15 ^{bc} ±0.44	15.11 ^a ±0.13	15.12 ^b ±0.07	2.89 ^{ab} ±0.05	5.85 ^a ±0.00
J2	67.00 ^c ±1.15	14.94 ^a ±0.07	15.69 ^a ±0.55	2.87 ^{ab} ±0.01	5.82 ^c ±0.02
J3	70.29 ^a ±0.19	14.76 ^{ab} ±0.14	15.79 ^a ±0.03	2.84 ^b ±0.03	5.81 ^d ±0.00
J4	67.86 ^{bc} ±0.92	14.43 ^b ±0.49	15.39 ^{ab} ±0.04	2.87 ^{ab} ±0.01	5.78 ^e ±0.01

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

MSME-I ısıtıl işlem görmemiş et emülsiyonlarında hayvansal yağ, O/W jel emülsiyon ile yer değiştirilmiş olup, örneklerin nem miktarı %67 ile %70.29 aralığında değiştiği görülmektedir. Sığır et yağının farklı fazlarda biberiye ekstraktı eklenerek keten tohumu yağıyla oluşturulan jel emülsiyon ile yer değiştirilmesinin örneklerin nem miktarında istatistiksel olarak farklılık oluşturduğu saptanmıştır (p<0.05). Eklenen O/W jel emülsiyonlarının pH değerlerinin farklı olması sonucu hamur örneklerinin pH değerlerinin farklı bulgulanmış olduğu düşünülmektedir (p<0.05). Model sistem et emülsiyon örneklerinin yağ miktarı %12.93 ile %15.11 aralığında değişmekte olup, formülasyonlara %10 hayvansal yağ ya da %10 keten tohumu yağı içeren O/W jel emülsiyonun ilave edilmesi, kullanılan ette bulunan yağ miktarı, ayrıca emülsiyonların içeriğinde %3 sodyum kazeinat ve %2 jelatinin de bulunarak yağ bağlama özelliklerinin geliştirilmiş olması sonucu O/W jel emülsiyonların yağ miktarları daha yüksek bulgulanmıştır (p<0.05). Örneklerin kül miktarları %2.84-2.91 aralığında bulgulanmış olup, kontrol grubu örneğinde en yüksek değer tespit edilmiştir (p<0.05). Hamur örneklerine ait protein miktarı değerleri %14.01 ile %15.79 arasında değişmekte olup, emülsiyon formülasyonlarında bulunan protein bazlı emülgatör ve jelleştirici ajanlarının kullanımının etkisiyle istatistiksel açıdan bitkisel tek katlı yağ içeren örnek formülasyonlarında daha yüksek bulgulanmıştır (p<0.05).

3.1.2.2. Su tutma kapasitesi

Et emülsiyonlarının önemli bir kısmını su oluşturmakta olup, emülsiyonunun fiziko-kimyasal ve organoleptik özelliklerinin belirlenmesinde su önemli bir rol almaktadır. Moleküler yapısı sonucu su genel olarak çözünürlük,

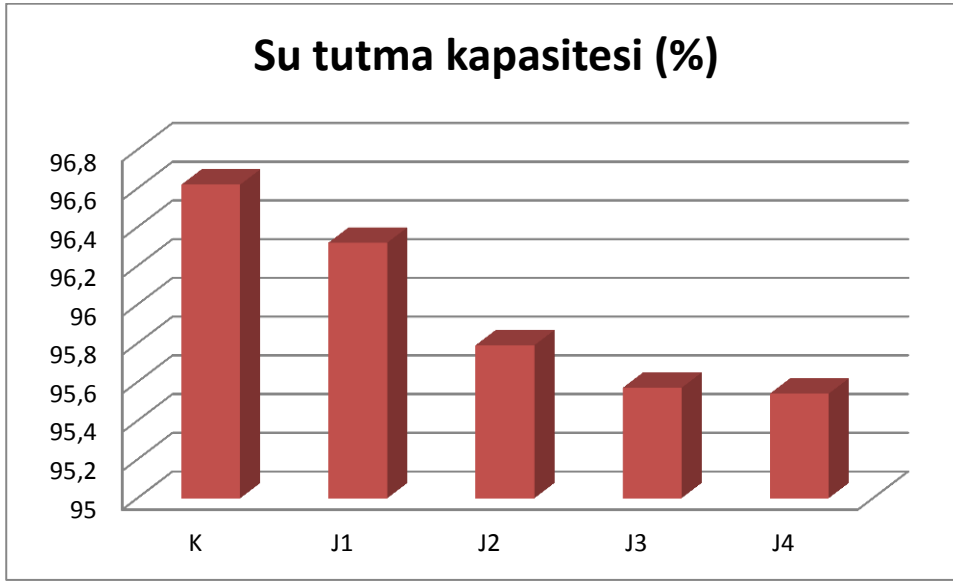
yapılanma ve sulu fazda mevcut olan bileşenlerle etkileşimleri belirlemektedir. Su tutma kapasitesi, santrifüj işlemi uygulanan üründe kalan su miktarı olarak bilinmektedir. Kas proteinlerinde hapsedilen su, bağlı su, hidrodinamik su ve genellikle fiziksel olarak tutsak edilmiş su formundadır. Bu özellikler ile et proteinleri bitkisel polisakkaritlerle benzer kimyasal ve fiziksel formda bulunmaktadırlar (Akoh, 1998). MSME-I grubu hamur örneklerine ait su tutma kapasitesi değerleri Çizelge 3.3. ve Şekil 3.1' de sunulmuştur. Örneklerin su tutma kapasitesi değerleri %95.54-96.62 arasında değişmekte olup, kontrol örneğinde en yüksek değer bulgulanmıştır ($p<0.05$). Su tutma kapasitesi; net yük etkisi, genetik faktörler, sterik etkiler, ölüm sonrası proteoliz, protein oksidasyonu ve işleme teknolojileri gibi pek çok parametreye bağlı olarak farklılık göstermektedir (Ergezer ve Serdaroğlu, 2008). Etin yapısında izoelektrik noktanın değişimi ile birlikte, et proteinlerinin yük dengesi bozulmakta, aynı yüke sahip proteinlerin birbirini itmesi ile proteinler arasında suyun tutunabileceği alanın artmasına sebep olmaktadır. Böylelikle su tutma kapasitesi artış göstermektedir. Emülsifiye et ürünlerinde dokunun parçalanmış olması sonucunda proteinlerden ayrılan su, bünyede tutulamaz hale gelebilmektedir. Bu nedenle bu tür ürünlerde su tutma kapasitesini arttırmak için çeşitli katkı maddeleri kullanılarak suyun bünyede tutulabilmesi amaçlanmaktadır (McClements, 1999).

Serdaroğlu vd. (2016a) yaptıkları çalışmada model sistem tavuk eti emülsiyonlarında zeytinyağı, inülin ve jelatinle hazırlanan O/W jel emülsiyonun belirli oranlarda (%30, 50, 100) hayvansal yağ yerine kullanımını araştırmış, %30 ve %50 oranında yer değiştirilmesi su tutma kapasitesi değerlerini yükseltirken, tamamen yer değiştirildiğinde su tutma kapasitesinin düştüğü bulgulanmıştır. Bu sonucun yüksek oranda O/W jel emülsiyonların eklenmesi ve pH ile ilintili olduğu düşünülmektedir. Antioksidan içermeyen J1 örneğinin su tutma kapasitesi en yüksek bulgulanırken ($p<0.05$), suda çözünür antioksidan içeren J3 ve J4 örneklerinin su tutma kapasitesi istatistiksel açıdan benzer bulgulanmıştır ($p>0.05$). O/W jel emülsiyon eklenen örneklerde su miktarının yüksek olmasının, bu örneklerde su tutma kapasitesinde azalmaya neden olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 3.3 MSME-I örneklerine ait su tutma kapasitesi değerleri

Örnek	Su tutma Kapasitesi (%)
K	96.62 ^a ±0.01
J1	96.32 ^{ab} ±0.70
J2	95.79 ^{bc} ±0.03
J3	95.57 ^c ±0.30
J4	95.54 ^c ±0.16

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

**Şekil 3.1** MSME-I örneklerine ait su tutma kapasitesi değerleri

3.1.2.3. Emülsiyon stabilitesi

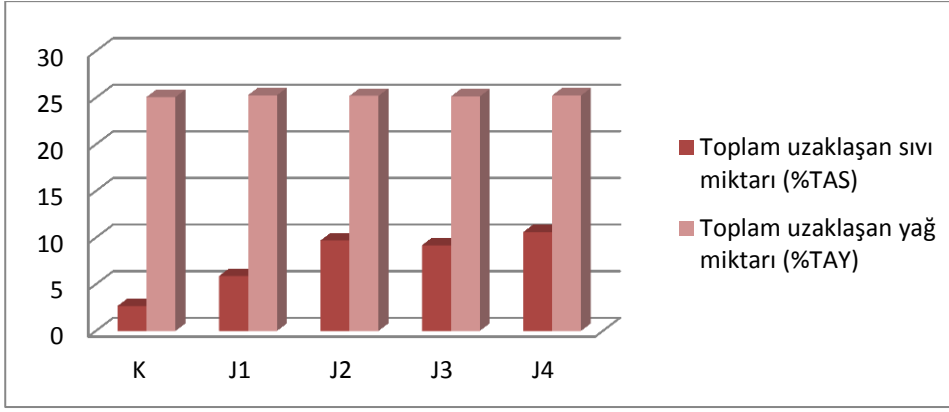
Belirli bir sürede emülsiyon özelliklerinin değişmeden kalması emülsiyon stabilitesi olarak tanımlanmakta olup, emülsiyondan uzaklaşmadan yapıda kalan su ve yağ miktarı stabilitenin göstergesidir (McClements et al., 2007). Stabilitiyi etkileyen başlıca faktörler; sıcaklık, yağların partikül büyüklüğü, pH, çözülebilen protein miktarı, çeşidi ve emülsiyon viskozitesidir (Serdaroğlu, 2009). MSME-I örneklerine ait emülsiyon stabilitesi değerleri Çizelge 4.4. ve Şekil 4.2.' de sunulmuştur. Toplam uzaklaşan sıvı miktarı değerleri %2.68-10.6 aralığında olup, kontrol örneğinde en düşük bulgulanmıştır (p<0.05). Toplam uzaklaşan yağ miktarı ise %25.09-25.29 olup kontrole eşdeğer bulgulanmış, istatistiksel açıdan örnekler arasında belirgin farklılık tespit edilmemiştir (p>0.05).

Toplam uzaklaşan sıvı miktarının K örneğinde düşük bulgulanması, su tutma kapasitesi değerinin yüksek bulgulanmasıyla paralellik göstermektedir. Toplam uzaklaşan yağ miktarının örnekler arasında benzerlik göstermesi jel emülsiyon örneklerinde sodyum kazeinat ve jelatin kullanılmasıyla, et emülsiyonlarının yağın matris içinde tutulma özelliklerinin geliştirilmesi ve yağ miktarının azaltılması ve yağ asidi profilinin geliştirilmesi açısından jel emülsiyon kullanımının potansiyelini arttırmaktadır. Serdaroğlu vd. (2016a) yaptıkları çalışmada inülin, jelatin ve zeytinyağı ile hazırlanan O/W emülsiyonun hayvansal yağ ile tamamen yer değiştirilmesinin, toplam uzaklaşan sıvı ve yağ miktarlarında artışa neden olduğunu bulgulamıştır. Suda çözünür antioksidan içeren örneklerde toplam uzaklaşan sıvı miktarının daha yüksek bulunmasının yanı sıra, antioksidan içeren örnekler arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulgulanmamıştır ($p>0.05$). Antioksidan içermeyen J1 örneğinin, jel emülsiyon eklenen örnekler arasında en düşük %TAS değerine sahip olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Bu durum, bu örneğin pH değerinin kontrol örneğine en yakın pH değerine sahip olması ile açıklanabilir. Antioksidan eklenen O/W jel emülsiyon içeren örneklerde %TAS farklılık göstermemiştir.

Çizelge 3.4 Emülsiyon stabilitesi değerleri

Örnek	Toplam uzaklaşan sıvı miktarı (%TAS)	Toplam uzaklaşan yağ miktarı (%TAY)
K	2.68 ^c ±0.79	25.09±0.09
J1	5.89 ^b ±2.54	25.29±0.14
J2	9.71 ^a ±0.79	25.21±0.14
J3	9.19 ^a ±0.85	25.14±0.15
J4	10.60 ^a ±0.31	25.25±0.18

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



Şekil 3.2 Emülsiyon stabilitesi değerleri

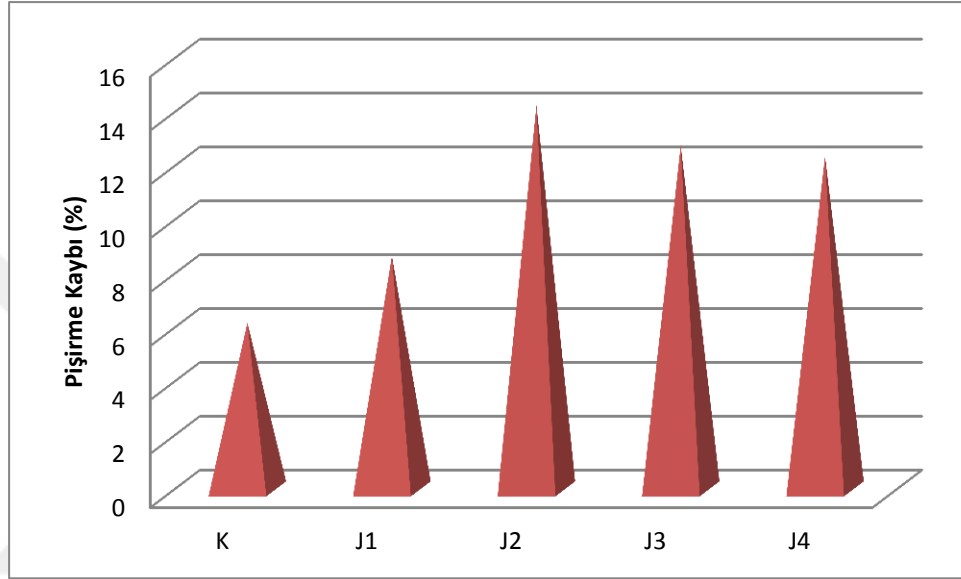
3.1.2.4. Pişirme kaybı

Pişirme kaybı, ısıtılma işlem sonucu et ürünlerinin içeriğinde bulunan yağın ayrılması ve suyun buharlaşması ile meydana gelmektedir. Yağı azaltılmış ürünlerde kullanılan ön emülsiyon sistemleri üründe bulunan su miktarını geleneksel tip üretilen formülasyonlardaki miktara göre arttırmakta, bu ürünlerde pişirme kaybının artmasına neden olmaktadır. Serdaroğlu vd. (2017) tavuk köftelerinde hayvansal yağın farklı oranlarda zeytinyağı ile hazırlanan O/W jel emülsiyonlarla ikame edilmesi sonucu, %100 ikame oranının pişirme verimi değerinde azalmaya neden olduğunu bildirmiştir. Bu sonuç yüksek oranda O/W jel emülsiyon eklenen örneklerde protein oranının et maktriğinde artması sonucu, ısıtılma işlemle jelatinin eriyerek, sistemde sıvı tutulmasının azalmasıyla ilişkilendirilmiştir. Su tutma kapasitesinde olduğu gibi pişirme verimini artırmak için yapılan çalışmalar suyu ürün bünyesinde tutabilecek bağlayıcı, jelleştirici katkıları üzerinde yoğunlaşmaktadır (Barbut, 2006). MSME-I örneklerine ait pişirme kaybı değerleri Çizelge 4.5. ve Şekil 4.3.' de sunulmuştur. Örnekler arasında en düşük %6.17 pişirme kaybı kontrol örneğinde bulgulanmıştır ($p < 0.05$). Jel emülsiyon içeren örneklerde pişirme kaybı değerleri kontrol örneğinden daha yüksek bulgulanmış olup, farklı fazlarda antioksidan kullanılması sonucu pH değerlerinin değişmesinin sistemin pişirme kaybı değerlerini etkilediği düşünülmektedir ($p < 0.05$).

Çizelge 3.5. MSME-I örneklerine ait % pişirme kaybı değerleri

Örnek	Pişirme kaybı (%)
K	6.17 ^d ±0.40
J1	8.65 ^c ±0.36
J2	14.25 ^a ±0.53
J3	12.76 ^b ±1.24
J4	12.36 ^b ±0.48

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



Şekil 3.3 MSME-I örneklerine ait % pişirme kaybı değerleri

3.1.2.5. Ayrılan jel ve yağ miktarı

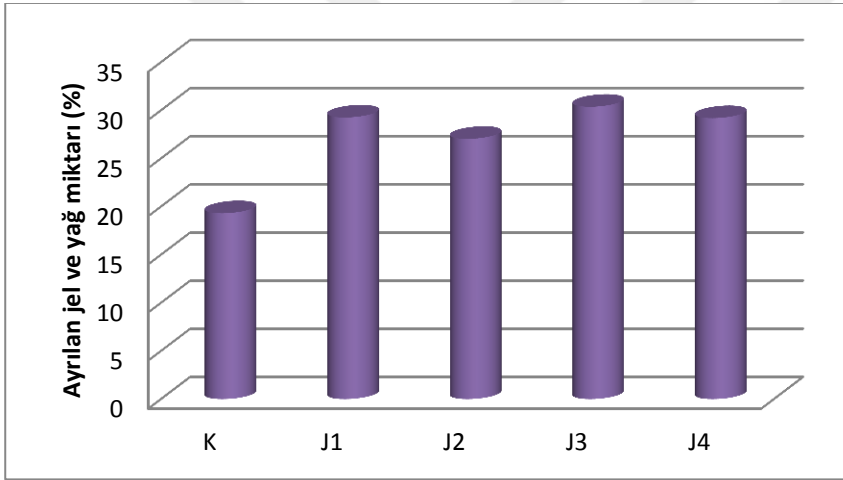
Model sistem et emülsiyonlarında ısıtılma işlem uygulaması sonrasında emülsiyon hamurunun stabilitesinin göstergelerinden biri olan ayrılan jel ve yağ miktarları Çizelge 4.6. ve Şekil 4.4.' de sunulmuştur. Ayrılan jel ve yağ miktarı değerleri %19.31-30.37 arasında değişim göstermiştir. En düşük değer kontrol grubu örneğinde bulgulanmış olup (p<0.05), jel emülsiyon içeren örneklerde istatistiksel açıdan belirgin bir farklılık gözlenmemiştir (p>0.05). Literatür verileri incelendiğinde Serdaroğlu vd. (2016a) tavuk eti kullanılan model sistem et emülsiyonlarında, hayvansal yağ ile belirli oranlarda zeytinyağı, inülin ve jelatinle hazırlanan O/W jel emülsiyonların yer değiştirilmesinin emülsiyon karakteristikleri üzerine etkisini araştırmıştır. %100 ikame oranında ayrılan jel ve yağ miktarında artış bulgulanmış olup (p<0.05), aynı çalışmada %50 ikame oranının ayrılan jel ve yağ miktarını azalttığını bildirmiştir. O/W jel emülsiyonun yüksek oranda ikame edilmesi ile formülasyonda artan oranda jelatin

bulunmasının; ısıtma işlemi sırasında jelatinin eriyerek matriksten ayrılması sonucu ayrılan jel ve yağ miktarında artışa neden olmasıyla ilişkilendirilmiştir.

Çizelge 3.6. MSME-I örneklerine ait ayrılan jel ve yağ miktarı değerleri

Örnek	Ayrılan Jel ve Yağ (%)
K	19.31 ^b ±3.26
J1	29.26 ^a ±4.50
J2	27.04 ^a ±0.41
J3	30.37 ^a ±1.08
J4	29.19 ^a ±1.55

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



Şekil 3.4. MSME-I örneklerine ait ayrılan jel ve yağ miktarı değerleri

3.1.2.6. Peroksit sayısı tayini

Birincil oksidasyon ürünleri olan hidroperoksitler, açıl karbonlardaki hidrojenin ayrılmasıyla oluşum göstermektedir. Oleik asit, linoleik asit ve linolenik asit içeren yağlarda açıl karbon sayısına bağlı olarak farklı kimyasal yapıda konjuge hidroperoksitlerin oluşumu gözlenmektedir. Linolenik asitte daha fazla açıl karbon bulunması nedeniyle, otooksidasyon oleik asite göre 250 kat hızlı gerçekleşmekte ve peroksit sayısı değerinde artış bulgulanmaktadır (Başaran, 2015). Linolenik asit içeriği bakımından zengin olan keten tohumu yağının jel emülsiyon formunda kullanıldığı ısıtma işlemi uygulanmamış MSME-I örneklerine ait peroksit sayısı tayini bulguları Çizelge 3.7.' de sunulmuştur. Örneklerin

peroksit sayısı 0.13- 2.21 meqO₂/kg yağ aralığında olup, en düşük değer J2 örneğinde O/W jel emülsiyonun yağ fazında 100 ppm biberiye ekstraktı içeren formülasyonda, sığır et yağı yerine eklenen örnekte bulgulanmıştır (p<0.05). Tüm MSME-I örneklerinde peroksit değeri kabul edilebilir değerin çok altında saptanmış olup, düşük bulgulanmıştır.

Çizelge 3.7. MSME-I örneklerine ait peroksit sayısı (meqO₂/kg yağ)

Örnek	Peroksit sayısı (meqO ₂ /kg yağ)
K	1.53 ^c ±0.16
J1	1.41 ^c ±0.13
J2	0.13 ^d ±0.01
J3	1.84 ^b ±0.02
J4	2.21 ^a ±0.02

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

3.1.2.7. TBA

Birincil oksidasyon ürünleri olan hidroperoksitlerin bozunması sonucu ikincil oksidasyon ürünleri olan okside monomerler, aldehitler, ketonlar ve polimerik bileşiklerin oluşumu gözlenmektedir (Başaran, 2015). MSME-I örneklerine ait ikincil oksidasyon ürünlerinden malonaldehitlerin tespit edilmesine dayanan TBA tayini sonuçları Çizelge 3.8.' de sunulmuştur. İkincil oksidasyon ürünü olan malonaldehitler açısından örnekler incelendiğinde, TBA değerleri 0.384- 0.545 mg malonaldehit/kg aralığında değişmektedir. Yağ fazında 100 ppm biberiye ekstraktı içeren J2 örneği en yüksek TBA değerine sahip olarak bulgulanmıştır (p<0.05). Tüm MSME-I örneklerinde TBA değeri kabul edilebilir sınırlarda bulunmuştur.

Çizelge 3.8. TBA değerleri

Örnek	TBA (mg malonaldehit/kg)
K	0.504 ^{ab} ±0.094
J1	0.393 ^b ±0.049
J2	0.545 ^a ±0.130
J3	0.413 ^{ab} ±0.078
J4	0.384 ^b ±0.048

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

3.1.3. Isıl işlem görmüş model sistem et emülsiyonlarına ait bulgular

3.1.3.1. Kimyasal kompozisyon

Deneme-I grubuna ait ısıtıl işlem görmüş model sistem et emülsiyonlarının kimyasal kompozisyon değerleri Çizelge 3.9.' de sunulmaktadır. Örneklerin nem miktarları %68.95-65.28' dir. En yüksek nem miktarı kontrol örneğinde bulgulanmış olup, formülasyona eklenen su miktarının en yüksek bu örnekte olmasının ve pişme kaybı, ayrılan jel yağ ve toplam uzaklaşan sıvı miktarının az olması ile ilişkili olduğu bulgulanmıştır ($p<0.05$). Yağ miktarı açısından deneme-I grubu örnekleri incelendiğinde jel emülsiyon içeren örneklerin yağ miktarı kontrol grubu örneğinden daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu durum %10 hayvansal yağ eklenen kontrol grubu örneğinde formülasyona eklenen su miktarının daha yüksek olması, jel emülsiyon örneklerinde ise eklenen su ve keten tohumu yağının jelatin ve sodyum kazeinat ile emülsifiye edilerek sistemde tutulması ile ilişkilendirilmektedir. Kül miktarı değerleri incelendiğinde örnekler arasında istatistiksel açıdan belirgin bir farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). O/W jel emülsiyon içeren model sistem et emülsiyonlarının formülasyonda protein bazlı jelleştiri ajan içermelerine bağlı olarak protein miktarı değerleri kontrol örneğinden yüksek bulgulanmıştır ($p<0.05$).

Çizelge 3.9 Kimyasal kompozisyon ve pH değerleri

	Nem	Yağ	Protein	Kül	pH
K	68.95 ^a ±0.60	10.69 ^b ±0.52	18.46 ^d ±0.12	2.79±0.07	6.04 ^b ±0.01
J1	66.53 ^b ±0.34	13.46 ^a ±0.33	19.78 ^{bc} ±0.04	2.75±0.05	6.03 ^b ±0.01
J2	65.28 ^c ±0.03	13.45 ^a ±0.14	19.94 ^a ±0.02	2.81±0.05	6.07 ^a ±0.02
J3	65.43 ^c ±0.57	13.91 ^a ±0.56	19.87 ^{ab} ±0.01	2.88±0.01	6.00 ^c ±0.01
J4	65.98 ^{bc} ±0.47	13.71 ^a ±0.17	19.72 ^c ±0.01	2.76±0.21	5.99 ^c ±0.01

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

3.1.3.2. Renk (L^* , a^* , b^*)

Deneme-I grubuna ait ısıtıl işlem görmüş model sistem et emülsiyonlarının renk (L^* , a^* , b^*) değerleri Çizelge 3.10.' da sunulmaktadır. Örnekler arasında en düşük L^* değeri K örneğinde bulgulanmıştır ($p<0.05$). Sığır et yağının ön emülsiyonlar ile yer değiştirilmesi örneklerin L^* değerinde artışa neden olmuştur.

Benzer sonuç Pintado et al. (2015) tarafından da bulgulanmıştır. a^* ve b^* değerleri incelendiğinde en düşük sonuç K örneğinde bulgulanmış olup, bu sonuç keten tohumu yağının ikame edilmesiyle ilişkilendirilmiştir ($p<0.05$).

Jel emülsiyon eklenen örneklerde a^* ve b^* değerlerinde artış bulgulanmış olup, örnekler kendi aralarında farklılık göstermektedir. Bu durum farklı fazlarda antioksidanların sisteme eklenmiş olmasından kaynaklanmış olabilir. Serdaroğlu vd. (2017) köftelerde hayvansal yağın bitkisel yağlarla hazırlanan jel emülsiyonlarla yer değiştirilmesinin, bitkisel yağın türüne bağlı olarak emülsiyon örneklerinde b^* değerinde artışa neden olduğunu bildirmiştir. Jel emülsiyon içeren örneklerde yağ globüllerinin boyutlarının azalmış olması sonucu, ışığı daha iyi yansıtması ile L^* değerlerinde artışa neden olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 3.10. Renk (L^* , a^* , b^*) değerleri

	L^*	a^*	b^*
K	55.44 ^c ±0.84	10.11 ^c ±0.28	8.97 ^c ±0.22
J1	60.00 ^a ±0.49	9.92 ^c ±0.31	12.79 ^a ±0.29
J2	56.65 ^b ±1.15	14.61 ^a ±0.62	10.90 ^b ±0.36
J3	56.73 ^b ±0.79	11.41 ^b ±0.40	12.48 ^a ±0.71
J4	56.44 ^{bc} ±0.29	11.82 ^b ±0.61	12.16 ^a ±0.44

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

3.1.3.3. Peroksit sayısı

Deneme-I grubuna ait ısıtıl işlem görmüş model sistem et emülsiyonlarının peroksit sayısı değerleri Çizelge 3.11.' da sunulmaktadır. Deneme-I grubu örnekleri birincil oksidasyon ürünleri açısından incelendiğinde peroksit sayısı değerleri 0.96-4.68 meqO₂/kg yağ aralığında değişmekte olup en yüksek değer kontrol örneğinde, en düşük değer ise J2 örneğinde bulgulanmıştır ($p<0.05$). Jel emülsiyon içeren MSME örneklerinde antioksidan kullanılan örneklerin peroksit sayıları, formülsayonda antioksidan içermeyen J1 örneğinden daha düşük bulgulanmıştır ($p<0.05$).

Çizelge 3.11. MSME-I örneklerine ait peroksit sayıları (meqO₂/kg yağ)

Örnek	Peroksit sayısı (meqO ₂ /kg yağ)
K	4.68 ^a ±0.13
J1	2.94 ^b ±0.28
J2	0.96 ^e ±0.16
J3	2.45 ^c ±0.21
J4	2.01 ^d ±0.15

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

3.1.3.4. TBA

Deneme-I grubuna ait ısıtılmış MSME örneklerinin TBA değerleri Çizelge 3.12.' de sunulmaktadır. İkincil oksidasyon ürünleri açısından önemli bir parametre olan TBA tayini açısından örnekler incelendiğinde, değerler 0.282 ile 0.644 mg malonaldehit/kg aralığında bulgulanmıştır. En düşük TBA değeri kontrol örneğinde tespit edilmiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerince zengin keten tohumu yağı içeren örneklerde ise yağ fazında antioksidan içeren J2 örneği kontrol değerine benzer, jel emülsiyon içeren gruplarda ise en düşük TBA değerine sahip olarak bulgulanmıştır (p<0.05). J1, J2 ve J4 örneklerinin oksidatif stabilitesinin kontrol örneğinden yüksek bulunması formülasyonda çoklu doymamış yağ asitlerince zengin olan keten tohumu yağının kullanımı ile ilişkilendirilmiştir.

Çizelge 3.12. TBA değerleri

Örnek	TBA (mg malonaldehit/kg)
K	0.368 ^c ±0.041
J1	0.478 ^b ±0.024
J2	0.282 ^c ±0.149
J3	0.644 ^a ±0.026
J4	0.581 ^{ab} ±0.029

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

3.1.3.5. Doku profil analizi (TPA)

Etin doku özellikleri, kas lifleri ve fibrillerin çapı ile bağ dokunun hücre içindeki lifler arasında topladığı yağ miktarı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Emülsifiye et ürünlerinde ise doku, emülsiyon parametreleri, et ve yağın özellikleri, kullanılan katkı maddeleri gibi pek çok faktörden etkilenmektedir. Emülsifiye et ürünlerinde hayvansal yağların bitkisel yağlarla ikame edilmesinin ürünlerin doku yapısına olumsuz etkide bulunduğu çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur (Vural, 2003; Muguerza et al., 2004). O/W jel emülsiyonlar, ağ yapısı olarak jel, mekanik özellikler bakımından katı davranış göstermektedirler. Bu sebeple et ürünlerinde yağ miktarının azaltılması, yağ asidi profili modifikasyonu sağlanması amacıyla jel emülsiyonlarının kullanımının model sistem et emülsiyonlarının emülsiyon karakteristiklerinin geliştirilmesi açısından iyi bir alternatif olabileceği bildirilmiştir (Poyato et al., 2014). Emülsiyon formülasyonlarında % 0.5-3 oranında jelatin kullanımı ile yağın matrikste tutulması sağlanırken, emülsiyon stabilitesinin geliştirildiği bildirilmiştir (Stevens, 2010). Isıl işlem görmüş MSME-I örneklerine ait TPA değerleri Çizelge 3.13.' de sunulmaktadır. Hayvansal yağ yerine keten tohumu yağı ile hazırlanan tek katlı O/W jel emülsiyonların kullanımı sonucu sertlik, yapışkanlık, esneklik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri açısından istatistiksel açıdan belirgin bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Poyato et al. (2014) jel emülsiyon kullanılan et matrikslerinde yağ miktarı ve emülsiyon ikame oranına bağlı olarak sertlik değerinde artış bulgulanabileceğini bildirmiştir. Jel emülsiyon içeren MSME-I örneklerinde yağ tutulma oranının ve miktarının fazla, nem oranının düşük olmasıyla ilişkili olarak sertlik değeri kontrol örneğinden yüksek olmakla birlikte, istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulgulanmamıştır ($p>0.05$). Jel emülsiyonun kullanımı model sistem et emülsiyonlarında tekstür özellikleri bakımından kontrol örneğine benzer doku profiline sahip bulgulanmıştır.

Çizelge 3.13. Doku profili değerleri

Örnek	Sertlik (N)	Yapışkanlık	Esneklik (mm)	Sakızımsılık (N)	Çiğnenebilirlik (N mm)
K	10.02±0.60	0.87±0.04	0.95±0.03	7.91±1.29	7.88±0.87
J1	10.16±0.93	0.87±0.02	0.95±0.04	8.47±1.50	8.23±0.26
J2	11.00±0.86	0.87±0.01	0.93±0.04	8.76±1.28	8.26±0.06
J3	10.35±0.61	0.87±0.04	0.97±0.01	8.96±1.05	8.45±0.68
J4	10.71±1.70	0.86±0.02	0.94±0.03	8.81±0.29	8.16±0.79

Pintado et al. (2016a) yaptıkları çalışmada frankfurter tipi az yağlı sosislerde aljinat, jelatin veya mikrobiyal transglutaminaz gibi jelleşme ajanlarının zeytinyağı ile emülsifiye edilerek, O/W jel formunda hayvansal yağ ile ikame edilmesinin ürünlerde sertlik değerini arttırdığını bildirmiştir ($p<0.05$).

3.1.4. Depolama periyodu boyunca MSME gruplarına uygulanan analizler

Depolama süresi boyunca O/W jel emülsiyonu içeren model sistem et emülsiyonlarına 3., 6., 9. ve 12. günlerde pH, renk, peroksit sayısı ve TBA analizlerine ait bulgular aşağıda sunulmuştur.

3.1.4.1. pH

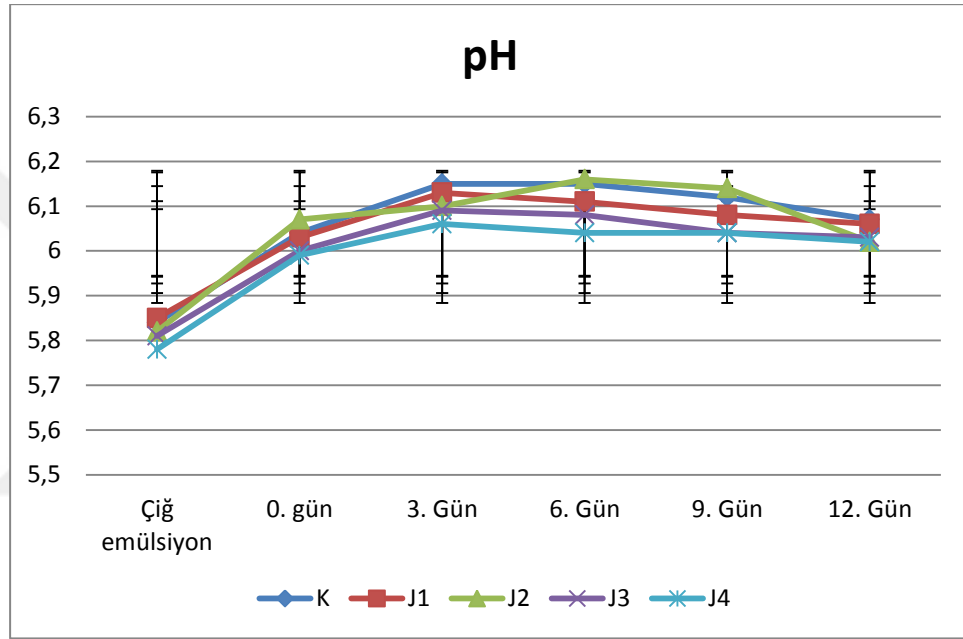
Üretim ve depolama süresi boyunca O/W jel emülsiyonu içeren model sistem et emülsiyonlarının pH değerleri Çizelge 3.14.'de ve Şekil 3.5.' de sunulmuştur. Çizelge 3.14. incelendiğinde 12 günlük depolama periyodunun örneklerin pH değerlerinde artışa neden olduğu bulgulanmıştır ($p<0.05$). Tüm MSME-II örneklerinde ısıtma işlem sonrasında pH değerlerinde artış gözlenmiştir. Bu artışın pişirme sırasında proteinlerdeki değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. 12. güne kadar örneklerin pH değerlerinde artış gözlenmiş; 12. günde pH değerleri tüm örneklerde azalmıştır ($p<0.05$). Örneklerin pH değerlerindeki bu artışın depolama sırasında oluşan protein parçalanma ürünlerinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 3.14. MSME-I örneklerine ait pH değerleri

	Çiğ emülsiyon	0.gün	3. Gün	6. gün	9. Gün	12. Gün
K	5.84 ^{b,E} ±0.01	6.04 ^{b,D} ±0.01	6.15 ^{a,A} ±0.00	6.15 ^{b,A} ±0.00	6.12 ^{b,B} ±0.00	6.07 ^{a,C} ±0.01
J1	5.85 ^{a,E} ±0.00	6.03 ^{b,E} ±0.01	6.13 ^{a,A} ±0.01	6.11 ^{c,B} ±0.00	6.08 ^{c,C} ±0.00	6.06 ^{b,D} ±0.00
J2	5.82 ^{c,F} ±0.02	6.07 ^{a,D} ±0.02	6.10 ^{b,C} ±0.00	6.16 ^{a,A} ±0.01	6.14 ^{a,B} ±0.00	6.02 ^{c,E} ±0.00
J3	5.81 ^{d,E} ±0.00	6.00 ^{c,D} ±0.01	6.09 ^{b,A} ±0.00	6.08 ^{d,B} ±0.00	6.04 ^{d,C} ±0.00	6.03 ^{c,C} ±0.00
J4	5.78 ^{e,E} ±0.01	5.99 ^{c,D} ±0.01	6.06 ^{c,A} ±0.01	6.04 ^{e,B} ±0.01	6.04 ^{d,BC} ±0.00	6.02 ^{c,C} ±0.00

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

^{A,F}Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

**Şekil 3.5** MSME-I örneklerine ait pH değerleri

3.1.4.2. Renk (L*, a*, b*)

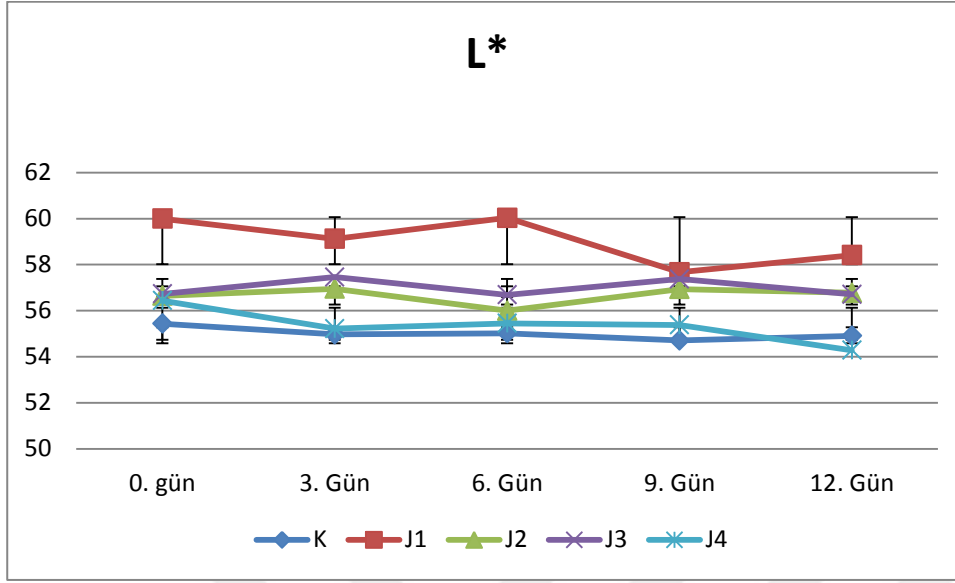
O/W jel emülsiyonu içeren model sistem et emülsiyonlarının depolama periyodu boyunca kesit yüzeyi L* değerleri Çizelge 3.15., Şekil 3.6., a* değerleri Çizelge 3.16., Şekil 3.7. ve b* değerleri Çizelge 3.17., Şekil 3.8. 'de sunulmuştur.

Çizelge 3.15. MSME-I örneklerine ait L* değerleri

Örnek	MSME	3. Gün	6. gün	9. Gün	12. Gün
K	55.44 ^c ±0.84	54.97 ^c ±0.99	55.02 ^b ±0.51	54.71 ^b ±0.82	54.91 ^c ±0.43
J1	60.00 ^{a,A} ±0.49	59.12 ^{a,AB} ±1.17	60.03 ^{a,A} ±0.56	57.67 ^{a,C} ±1.03	58.41 ^{a,BC} ±0.29
J2	56.65 ^{b,B} ±1.15	56.95 ^{b,A} ±0.44	56.00 ^{b,AB} ±0.63	56.94 ^{a,A} ±0.49	56.78 ^{b,A} ±1.03
J3	56.73 ^b ±0.79	57.46 ^b ±0.29	56.69 ^b ±2.44	57.38 ^a ±1.39	56.71 ^b ±0.23
J4	56.44 ^{bc,A} ±0.29	55.22 ^{c,B} ±0.29	55.45 ^{b,B} ±0.61	55.38 ^{b,B} ±0.40	54.28 ^{c,C} ±0.45

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

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



Şekil 3.5 MSME-I grubuna ait kesit yüzeyi L* değerleri

Çizelge 3.15. incelendiğinde K örneği depolama periyodu boyunca örnekler arasında en düşük L* değerine sahip olmakla birlikte ($p<0.05$), depolama periyodu açısından bakıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulgulanmamıştır ($p>0.05$). J1 örneğinde 9. Günde, J4 örneğinde 12. günde en düşük L* değeri bulgulanırken ($p<0.05$), W_1 fazında antioksidan kullanılan J3 örneğinde depolama periyodu boyunca istatistiksel açıdan L* değerinde farklılık saptanmamıştır. Yağ fazında antioksidan içeren J2 örneğinde L* değerinde artış bulgulanmıştır ($p<0.05$). 12 günlük depolama periyodu sonunda en yüksek L* değeri J1 örneğinde, en düşük L* değeri K örneğinde bulgulanmıştır ($p<0.05$).

Sığır et yağının keten tohumu yağı ile hazırlanan çoklu emülsiyon ile yer değiştirilmesi L* değerleri üzerine etkili bulunmuştur ($p<0.05$). Çoklu emülsiyon eklenen örneklerin L* değerleri kontrol örneğinden daha yüksek bulunmuştur.

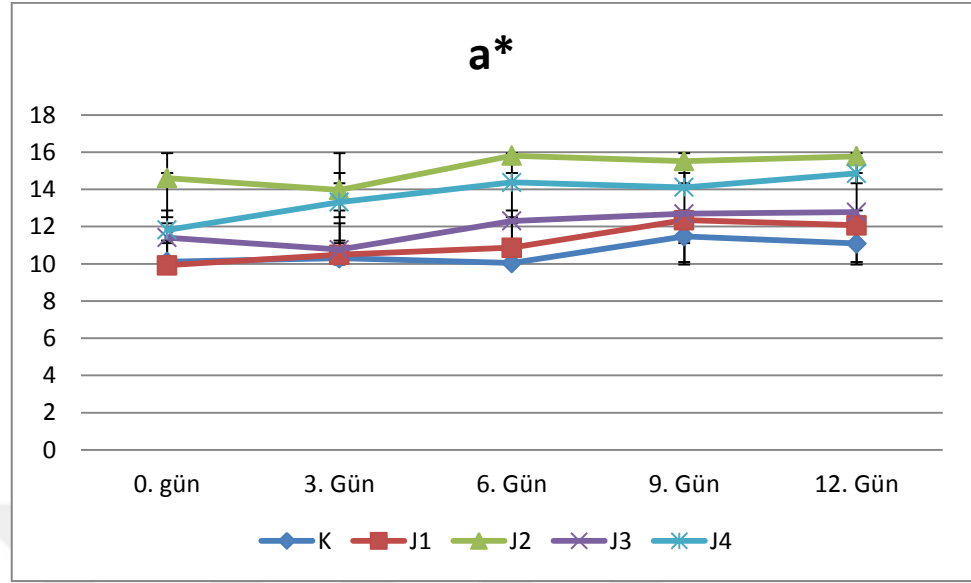
Çizelge 3.16 Deneme-I grubuna ait kesit yüzeyi a* değerleri

Örnek	MSME	3. Gün	6. gün	9. Gün	12. Gün
K	10.11 ^{c,B} ±0.28	10.30 ^{b,B} ±0.56	10.04 ^{e,B} ±0.49	11.48 ^{d,A} ±0.25	11.09 ^{c,A} ±0.18
J1	9.92 ^{c,C} ±0.31	10.49 ^{b,BC} ±0.67	10.87 ^{d,B} ±0.09	12.35 ^{c,A} ±0.49	12.07 ^{c,A} ±0.50
J2	14.61 ^{a,C} ±0.62	13.97 ^{a,B} ±0.22	15.81 ^{a,A} ±0.41	15.52 ^{a,A} ±0.21	15.78 ^{a,A} ±0.29
J3	11.41 ^{b,C} ±0.40	10.76 ^{b,B} ±0.32	12.30 ^{c,A} ±0.10	12.69 ^{c,AB} ±0.31	12.78 ^{c,A} ±0.54

J4 11.82^{b,C}±0.61 13.32^{a,B}±0.81 14.38^{b,A}±0.54 14.11^{b,A}±0.39 14.86^{b,A}±0.69

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

^{A,C}Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).



Şekil 3.6.MSME-I örneklerine ait a* değerleri

Çizelge 3.16. incelendiğinde örneklerin a* değeri depolama periyodu boyunca artış göstermekte olduğu saptanmıştır (p<0.05). J2 örneği depolama periyodu boyunca en yüksek a* değerine sahip olmuştur (p<0.05). Jel emülsiyon içeren örneklerde a* değerinde artış bulgulanmıştır (p<0.05). Bu durum ürün formülasyonlarında biberiye ekstraktının kullanımı ile, lipid oksidasyonu engellenirken aynı zamanda; pişme ile oluşabilecek hem pigmentlerinin degradasyonunun da engellenebilmesi, dolayısı ile kırmızı et renginin stabil olması ile ilişkilendirilmektedir. Poyato et al. (2014) keten tohumu yağı ve karragenan ile hazırlanan O/W jel emülsiyonların sosislerde hayvansal yerine kullanımının L*, a* ve b* değerlerinde artışa neden olduğunu bildirmiştir. Bu durum jel emülsiyon kullanımıyla yağ globüllerinin daha küçük formda et matriksinde bulunması ve ışığı daha etkin yansıtması ile ilişkilendirilmiştir.

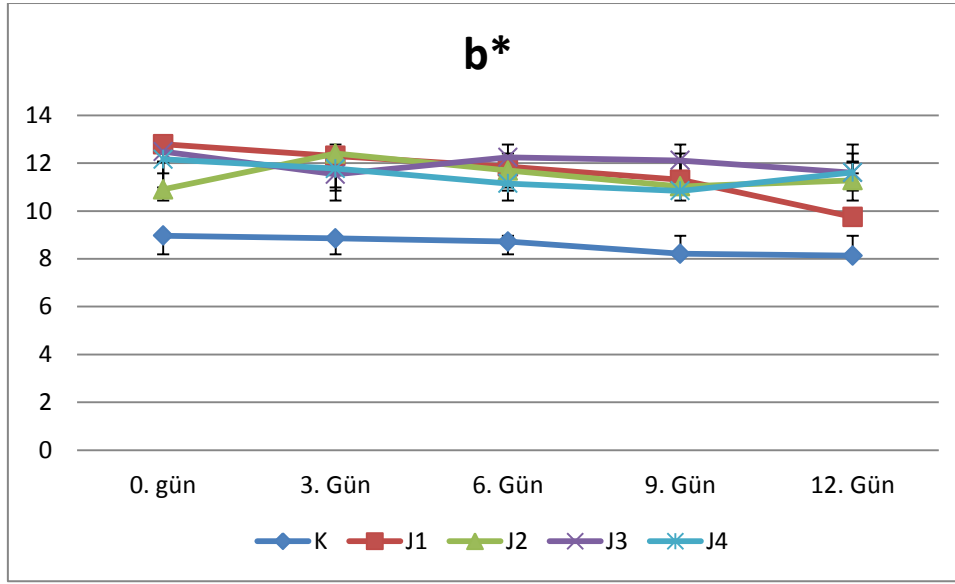
En düşük b* değeri depolama periyodu boyunca K örneğinde bulgulanmış olup, 12 günlük depolama periyodu örneklerin b* değerinde azalmaya neden olmuştur (p<0.05).

Çizelge 3.17 Deneme-I grubuna ait kesit yüzeyi b* değerleri

Örnek	MSME	3. Gün	6. gün	9. Gün	12. Gün
K	8.97 ^{c, A} ±0.22	8.85 ^{d, AB} ±0.39	8.72 ^{d, AB} ±0.36	8.21 ^{c, BC} ±0.63	8.13 ^{b, C} ±0.28
J1	12.79 ^{a, A} ±0.29	12.30 ^{ab, AB} ±0.45	11.86 ^{ab, B} ±0.17	11.30 ^{b, C} ±0.34	9.75 ^{ab, BC} ±2.44
J2	10.90 ^{b, C} ±0.36	12.40 ^{a, A} ±0.08	11.69 ^{b, B} ±0.10	11.03 ^{b, C} ±0.27	11.28 ^{a, C} ±0.14
J3	12.48 ^{a, A} ±0.71	11.53 ^{c, C} ±0.39	12.24 ^{a, AB} ±0.22	12.11 ^{a, ABC} ±0.20	11.60 ^{a, BC} ±0.28
J4	12.16 ^{a, A} ±0.44	11.77 ^{bc, AB} ±0.32	11.15 ^{c, C} ±0.46	10.84 ^{b, C} ±0.05	11.61 ^{a, BC} ±0.44

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

^{A,C}Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

**Şekil 3.7.** MSME-I örneklerine ait b* değerleri

3.1.4.3. Peroksit sayısı

Üretim ve depolama süresi boyunca O/W jel emülsiyonu içeren model sistem et emülsiyonlarının peroksit sayısı değerleri Çizelge 3.18.'da, değerlerin değişim grafiği Şekil 3.9.' da sunulmuştur. 12 günlük depolama periyodu boyunca en yüksek peroksit sayısı değerleri K örneğinde bulgulanmış olup keten tohumu yağı kullanılan örneklerde birincil ve ikincil oksidasyon ürünleri arasında interaksiyon bulunmasıyla ilişkilendirilmektedir (p<0.05). Keten tohumu yağı içeren örnekler arasında en düşük peroksit sayısı değeri 12 günlük depolama periyodu sonunda antioksidan kullanılmayan J1 örneğinde ve jel emülsiyonun su fazında antioksidan içeren J3 örneğinde bulgulanmıştır (p<0.05). Örneklerin peroksit değerleri kabul edilebilir sınırdan bulunmuş olup, ön emülsiyon kullanımı peroksit değerlerinde azalmaya neden olmuştur.

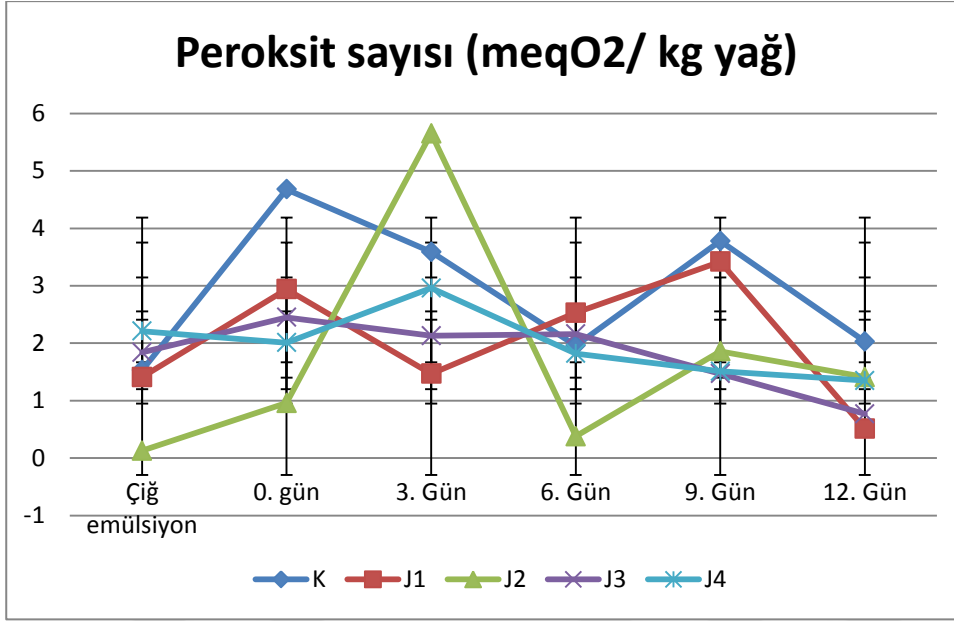
Alejandre et. al. (2016) kuru fermente sosis formülasyonlarında keten tohumu yağı ve %1.5 oranında karragenan ile hazırlanan O/W jel emülsiyonun belirli oranlarda (%26.3, %32.8, %39.5) domuz yağı ile yer değiştirilerek kullanının oksidatif stabilite üzerine etkilerini araştırmıştır. Isıl işlem görmüş MSME-I örneklerine ait peroksit sayısı değerleri 0.33- 0.38 meqO₂ /kg aralığında bulgulanmış olup %39 oranına kadar ikame edilmsinin ürünlerin peroksit sayısı değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık oluşturmadığını bildirmiştir (p<0.05).

Çizelge 3.18. MSME-I örneklerine ait peroksit sayısı değerleri (meqO₂/kg yağ)

Örnek	Çiğ emülsiyon	0. gün	3. gün	6. gün	9.gün	12.gün
K	1.53 ^{c,C} ±0.16	4.68 ^{a,A} ±0.13	3.59 ^{a,B} ±0.62	1.96 ^{ab,C} ±0.54	3.78 ^{a,B} ±0.36	2.03 ^{a,C} ±0.19
J1	1.41 ^{c,B} ±0.13	2.94 ^{b,A} ±0.28	1.47 ^{c,B} ±0.45	2.53 ^{b,B} ±0.21	3.42 ^{a,A} ±0.63	0.51 ^{c,C} ±0.08
J2	0.13 ^{d,E} ±0.01	0.96 ^{e,CD} ±0.16	5.65 ^{ab,A} ±0.0.73	0.38 ^{c,DE} ±0.08	1.86 ^{b,B} ±0.37	1.41 ^{b,BC} ±0.39
J3	1.84 ^{b,AB} ±0.02	2.45 ^{c,A} ±0.21	2.13 ^{bc,AB} ±0.99	2.16 ^{a,AB} ±0.19	1.47 ^{b,BC} ±0.18	0.77 ^{c,C} ±0.08
J4	2.21 ^{a,B} ±0.02	2.01 ^{d,BC} ±0.15	2.96 ^{ab,A} ±0.08	1.82 ^{ab,CD} ±0.17	1.51 ^{b,DE} ±0.37	1.35 ^{b,E} ±0.07

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

^{A,C}Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).



Şekil 3.8 MSME-I örneklerine ait peroksit sayısı değerleri (meqO₂/kg yağ)

3.1.4.4. TBA

Üretim ve depolama süresi boyunca O/W jel emülsiyonu içeren model sistem et emülsiyonlarının TBA (mg malonaldehit/kg) değerleri Çizelge 3.17.'de ve Şekil 3.10.' de sunulmuştur. Çizelge 3.17. incelendiğinde ürünlerin TBA değerleri 0.282-0.894 mg MA/kg⁻¹ aralığında bulgulanmıştır. Isıl işlem görmüş MSME örnekleri arasında en düşük TBA değeri K ve yağ fazında antioksidan içeren J2 örneğinde tespit edilmiştir (p<0.05). 6. Ve 9. günlerde K örneği en yüksek TBA değerine sahip bulgulanmış olup, 12. Günden itibaren jel emülsiyon içeren örneklerin TBA değeri yüksek bulgulanmıştır (p<0.05).

Alejandre et. al. (2016) kuru fermente sosis formülasyonlarında keten tohumu yağı ve %1.5 oranında karragenan ile hazırlanan O/W jel emülsiyonun belirli oranlarda (%26.3, %32.8, %39.5) domuz yağı ile yer değiştirilerek kullanımının ikincil oksidasyon ürünlerini üzerine etkilerini araştırmıştır. Son ürün TBA değerleri, çalışmaya paralel olarak 0.59-0.64 mg MA/kg⁻¹ aralığında bulgulanmış olup, belirtilen ikame oranlarında örnekler arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulgulanmadığı bildirilmiştir (p<0.05). Poyato et al. (2015) köfte formülasyonlarında farklı oranlarda (%0, 25, 50, 100) ayçiçek yağı ve karragenan ile hazırlanan O/W jel emülsiyonlarının kullanımının oksidatif

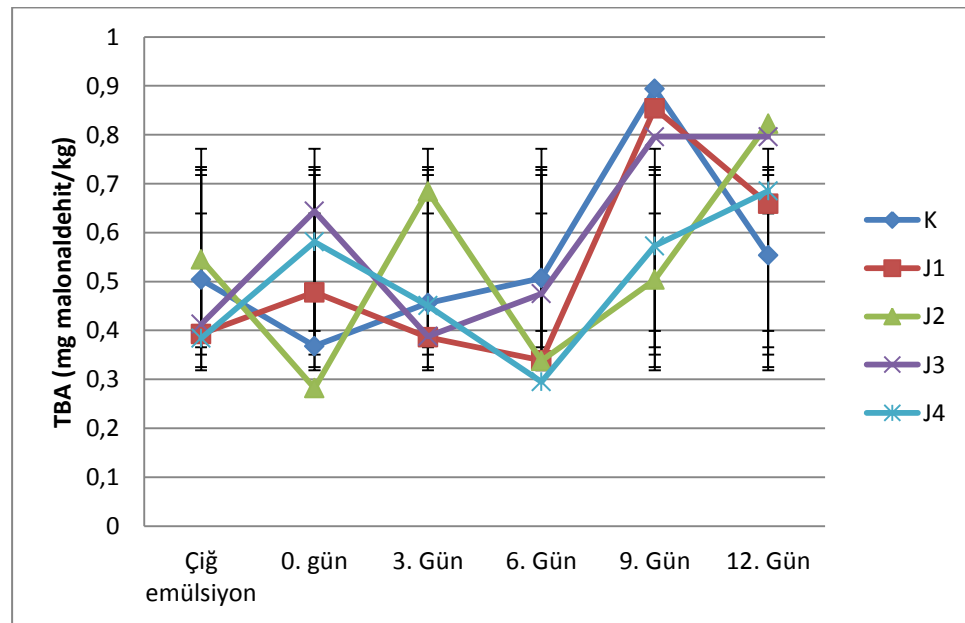
stabilite üzerine etkilerini incelemiştir. İkame oranlarının artmasıyla doymamış asidi miktarı açısından zenginleşen ürünlerde, lipid oksidasyonunda artış gözlenmiştir. K örneğinde TBA değeri aynı çalışmada $1.56 \text{ mg MA/kg}^{-1}$ tespit edilirken, tamamen yer değiştirilmesi ile $2.21 \text{ mg MA/kg}^{-1}$ arttığı bulgulanmıştır ($p<0.05$). Bu durum doymamış yağ asidi açısından zengin yağların kullanımının oksidatif stabiliteyi olumsuz etkilemesi ile ilişkilendirilmektedir.

Çizelge 3.19 MSME-I örneklerine ait TBA (mg malonaldehit/kg)değerleri

Örnek	Çiğ emülsiyon	0. gün	3. Gün	6. gün	9. Gün	12. Gün
K	$0.504^{ab,B}$ ± 0.094	$0.368^{c,B}$ ± 0.041	$0.456^{b,B}$ ± 0.146	$0.507^{a,B}$ ± 0.081	$0.894^{a,A}$ ± 0.175	$0.554^{b,B}$ ± 0.166
J1	$0.393^{b,CD}$ ± 0.049	$0.478^{b,C}$ ± 0.024	$0.386^{b,CD}$ ± 0.016	$0.339^{bc,D}$ ± 0.005	$0.854^{a,A}$ ± 0.182	$0.659^{ab,B}$ ± 0.022
J2	$0.545^{a,BC}$ ± 0.130	$0.282^{c,D}$ ± 0.149	$0.684^{a,AB}$ ± 0.029	$0.338^{bc,D}$ ± 0.055	$0.504^{b,C}$ ± 0.053	$0.823^{a,A}$ ± 0.038
J3	$0.413^{ab,C}$ ± 0.078	$0.644^{a,AB}$ ± 0.026	$0.388^{b,C}$ ± 0.025	$0.475^{ab,BC}$ ± 0.073	$0.796^{a,A}$ ± 0.135	$0.796^{a,A}$ ± 0.210
J4	$0.384^{b,BC}$ ± 0.048	$0.581^{ab,A}$ ± 0.029	$0.451^{b,B}$ ± 0.052	$0.295^{c,C}$ ± 0.030	$0.573^{b,A}$ ± 0.114	$0.685^{ab,A}$ ± 0.131

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

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



Şekil 3.9 MSME-I örneklerine ait TBA (mg malonaldehit/kg) değerleri

3.2. Deneme-II

3.2.1. $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonlara uygulanan analizler

Deneme-II grubu $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyon örneklerine ait pH değerleri Çizelge 3.20.' de sunulmuştur. Çok katlı $W_1/O/W_2$ emülsiyonlarına ait pH değerleri 6.31- 6.34 aralığında değişmektedir. En yüksek pH değeri antioksidan içermeyen C1 örneğinde bulgulanmıştır. Antioksidan kullanımı ile biberiye ekstraktı içeriğindeki fenolik maddelerin bileşimiyle ilintili olarak pH değerinde azalma tespit edilmiş, en düşük pH değeri yağda çözünen biberiye ekstraktının eklendiği C2 örneğinde saptanmıştır ($p<0.05$).

Çizelge 3.20 $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyon örneklerine ait pH değerleri

Örnek	pH
C1	6.34 ^a ±0.02
C2	6.31 ^b ±0.01
C3	6.33 ^{ab} ±0.02

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

3.2.2. Isıl işlem uygulanmamış MSME-II örneklerine ait bulgular

3.2.2.1. Kimyasal kompozisyon

Isıl işlem uygulanmamış MSME-II örneklerine ait kimyasal kompozisyon değerleri Çizelge 3.21.' de sunulmuştur. Örneklerin nem değerleri %69.3-67.71 aralığında ölçülmüştür. En yüksek nem değeri K örneğine ait bulunmuştur ($p<0.05$). Örnekleri protein miktarları %14.01 ile %15.22 aralığında bulgulanmış olup, en düşük protein içeriği çoklu emülsiyon formülasyonlarında bulunan sodyum kazeinat içeriği ile ilişkili olarak çoklu emülsiyon içeren C örneklerinde saptanmıştır ($p<0.05$). Isıl işlem uygulanmamış MSME-II örneklerine ait kül değerleri %2.91 ile %2.86 arasında değişim göstermekte olup istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulgulanmamıştır ($p>0.05$). pH değerleri formülasyona eklenen $W/O/W$ emülsiyonlarının pH değerleri ile ilişkili olarak çok katlı emülsiyon örneklerinde K örneğinden düşük bulgulanmıştır ($p<0.05$).

Çizelge 3.21 Kimyasal kompozisyon ve pH değerleri

	Nem (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)	pH
K	70.37 ^a ±1.62	12.93 ^c ±0.03	14.01 ^b ±0.21	2.91±0.01	5.84 ^a ±0.00
C1	68.08 ^{ab} ±0.21	14.02 ^b ±0.22	15.17 ^a ±0.02	2.89±0.08	5.76 ^d ±0.00
C2	67.71 ^b ±0.32	14.65 ^a ±0.42	15.22 ^a ±0.12	2.87±0.05	5.77 ^c ±0.00
C3	68.32 ^{ab} ±0.04	14.63 ^a ±0.88	15.18 ^a ±0.09	2.86±0.05	5.76 ^d ±0.01
C4	68.01 ^{ab} ±0.02	14.47 ^{ab} ±0.12	15.16 ^a ±0.15	2.87±0.04	5.79 ^b ±0.00

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

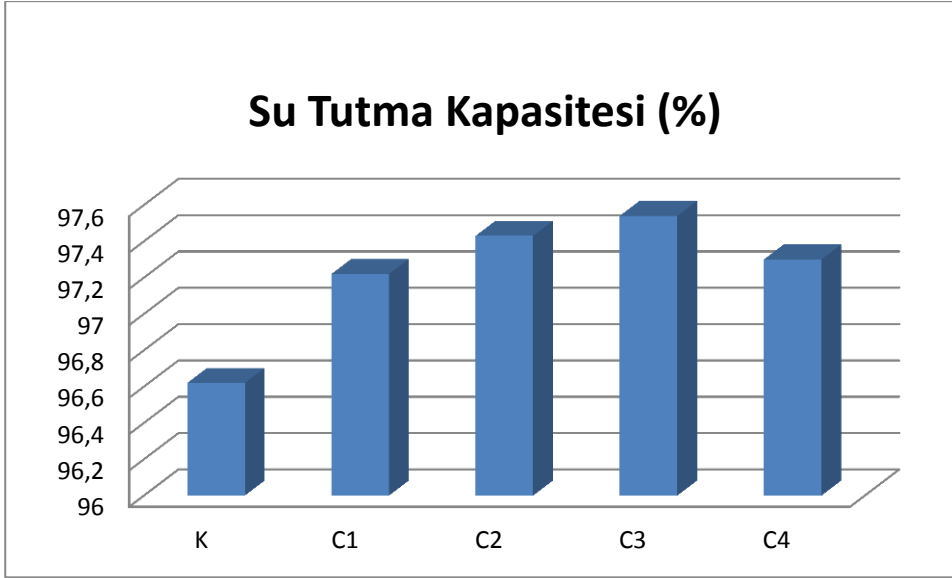
3.2.2.2. Su tutma kapasitesi

Su tutma kapasitesi model sistem et emülsiyonlarında stabilite açısından önemli bir parametre olup, et matriksinden ayrılmadan tutulabilen suyun bir göstergesidir. MSME-II örneklerine ait su tutma kapasitesi değerleri Çizelge 3.22. ve Şekil 3.11’de sunulmuştur. Az yağlı, deneme- II MSME örneklerinde keten tohumu yağıyla hazırlanan çok katlı emülsiyon örneklerinin sığır yağı ile yer değiştirilmesi sonucu su tutma kapasitesi değerlerinde artış tespit edilmiş olup, en düşük değer kontrol örneğinde saptanmıştır (p<0.05). Serdaroğlu et al. (2016b) yaptıkları çalışmada çok katlı emülsiyonların sığır et yağı yerine kullanımının örneklerin su tutma kapasitesinde artışa neden olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 3.22 Su tutma kapasitesi değerleri

Örnek	Su tutma Kapasitesi (%)
K	96.62 ^c ±0.01
C1	97.22 ^b ±0.43
C2	97.43 ^a ±0.40
C3	97.54 ^a ±0.12
C4	97.30 ^{ab} ±0.23

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



Şekil 3.10 Hamur örneklerine ait su tutma kapasitesi değerleri

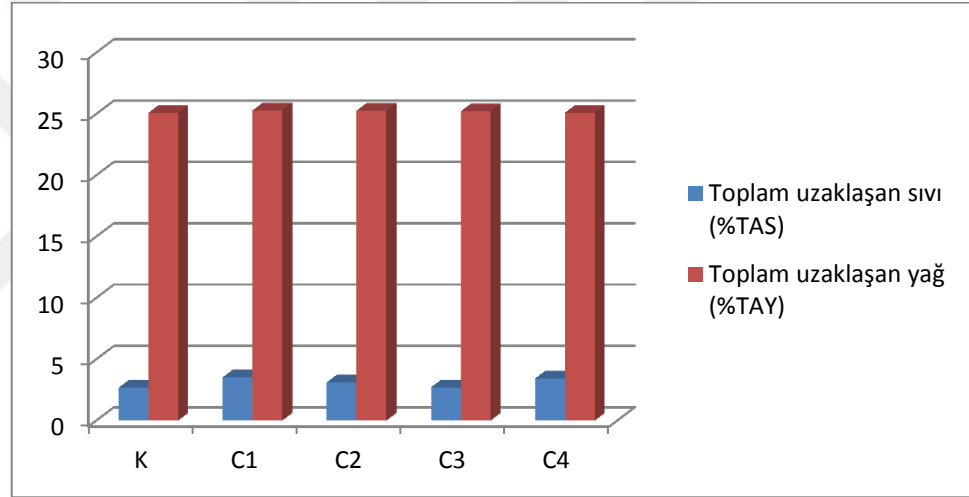
3.2.2.3. Emülsiyon stabilitesi

Emülsiyon stabilitesi, et sistemlerinden uzaklaşmadan kalan su ve yağın bir göstergesi olup; kararlılık ve dayanıklılığın göstergesidir (Öztan, 2003). Isıl işlem uygulanmamış MSME-II örneklerine örneklerine ait emülsiyon stabilitesi değerleri Çizelge 3.23. ve Şekil 3.12’ de sunulmuştur. Çizelge 4.23. incelendiğinde keten tohumunun sodyum kazeinat ile emülsifikasyonu ile hazırlanan W/O/W çoklu emülsiyonlarının et sistemlerinde sığır et yağıyla tamamen yer değiştirilmesinin toplam uzaklaşan su ve toplam uzaklaşan yağ miktarı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Çoklu emülsiyon kullanımı ile stabilite açısından formülasyonlar, kontrole benzer bulgulanmıştır.

Çizelge 3.23. MSME-II örneklerine ait emülsiyon stabilitesi değerleri

Örnek	Toplam uzaklaşan sıvı (%TAS)	Toplam uzaklaşan yağ (%TAY)
K	2.68±0.79	25.09±0.09
C1	3.53±0.07	25.29±0.23
C2	3.13±1.08	25.28±0.13
C3	2.72±0.67	25.22±0.19
C4	3.44±0.19	25.11±0.11

Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde, Serdaroğlu vd. (2016b) model sistem et emülsiyonlarında zeytinyağı ve sodyum kazeinat ile hazırlanan çoklu emülsiyonların sığır et yağı ile %10, %20 ve %30 oranında yer değiştirilmesinin emülsiyon stabilitesi üzerine etkilerini araştırmıştır. %10 oranında yer değiştirilmesi toplam uzaklaşan sıvı miktarında artış, %20 ve %30 oranında yer değiştirilmesinin ise azalmaya sebep olduğunu bulgulamıştır. Belirlenen oranlarda yer değiştirilmesinin toplam uzaklaşan yağ miktarında azalma gösterdiğini bildirmiştir ($p<0.05$). Öztürk vd. (2016) model sistem et emülsiyonlarında zeytinyağı ve yumurta beyazı tozu ile hazırlanan W/O/W emülsiyonunun %20 ve %30 oranında kullanımının toplam uzaklaşan su ve yağ miktarları değerlerinde azalmaya neden olduğunu bildirmiştir.



Şekil 3.11 MSME-II örneklerine ait emülsiyon stabilitesi değerleri

Freire et al. (2016) frankfurter tipi et ürünlerinde domuz sırt yağı ya da perilla yağı ile hazırlanan çok katlı emülsiyonlar kullanılarak, formülasyonda yağ miktarının azaltılmasını araştırmıştır. Hayvansal yağ yerine tamamen çoklu emülsiyon kullanılmasının az yağlı ürün formülasyonlarından uzaklaşan yağ ve su miktarı bakımından, anlamlı bir farklılık oluşturmadığını bulgulamıştır ($p>0.05$).

3.2.2.4. Pişirme kaybı

$W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyon içeren MSME-II örneklerine ait pişirme kaybı değerleri Çizelge 3.24. ve Şekil 3.13' de sunulmuştur. En yüksek pişirme kaybı değeri K örneğinde bulgulanmış olup, çok katlı emülsiyon kullanımı ile pişirme

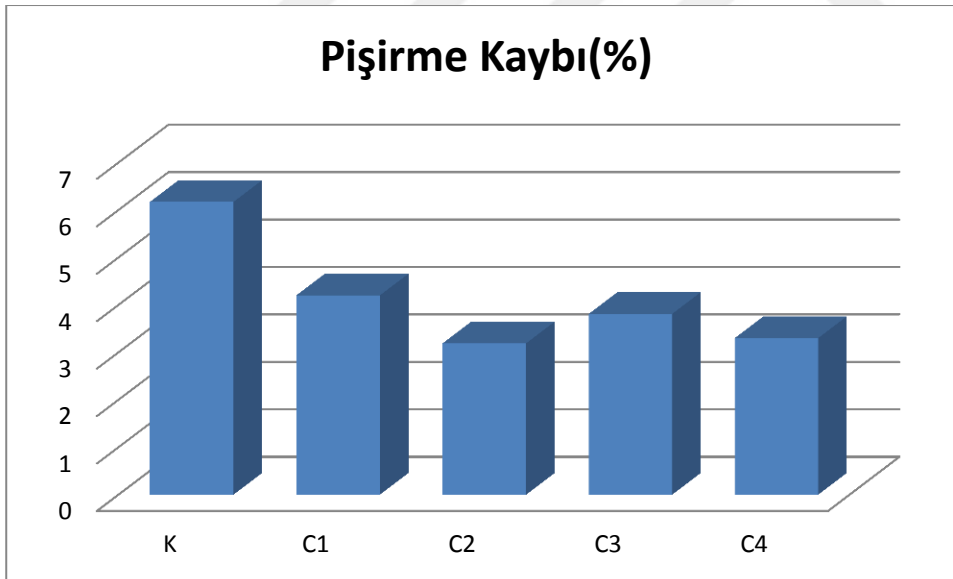
kaybı değerlerinde azalma gözlenmiştir ($p<0.05$). Bu sonuç, çoklu emülsiyon kullanılan et sistemlerinde bulgularan yüksek su tutma kapasitesi ve stabil protein-jel maktiks oluşumuyla ilişkilendirilmektedir.

Çizelge 3.24 MSME-II örneklerine ait pişirme kaybı değerleri

Örnek	Piştirme kaybı (%)
K	6.17 ^a $\pm$ 0.40
C1	4.20 ^b $\pm$ 0.23
C2	3.19 ^c $\pm$ 0.26
C3	3.81 ^b $\pm$ 0.17
C4	3.30 ^c $\pm$ 0.22

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

Freire et al. (2016), az yağlı sosis formülasyonlarında domuz sırt yağı ya da perilla yağı ile hazırlanan çoklu emülsiyonların kullanımının piştirme kaybı değerlerinde artışa neden olduğunu bildirmiştir ($p<0.05$).



Şekil 3.12 MSME-II örneklerine ait piştirme kaybı değerleri

3.2.2.5. Ayrılan jel ve yağ miktarı

Ayrılan jel ve yağ miktarı, ısıl işlem sonucu toplam uzaklaşan sıvı miktarı olup, emülsiyon stabilitesinin önemli bir göstergesidir. $W_1/O/W_2$ emülsiyon eklenen MSME-II örneklerinin ayrılan jel ve yağ miktarı değerleri Çizelge 3.25.

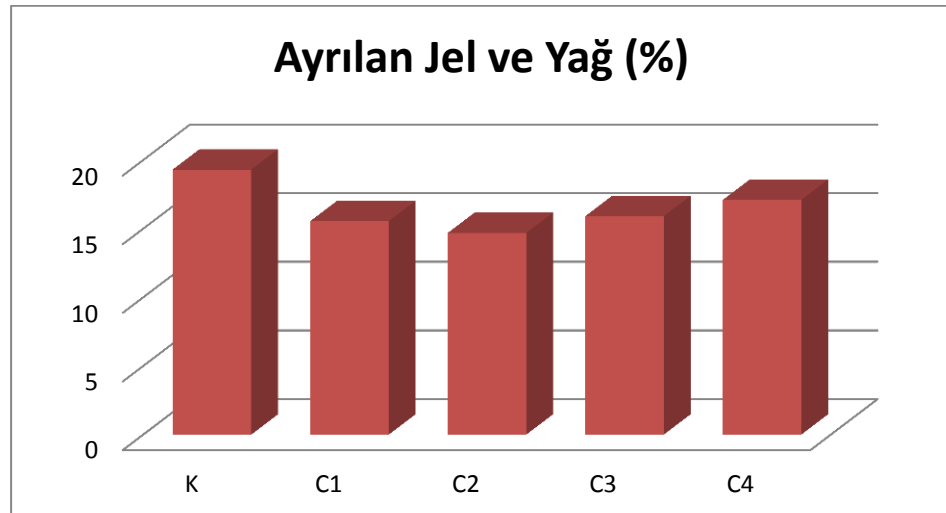
ve Şekil 3.14.'de sunulmuştur. Örneklerin jel ve yağ miktarı %19.31 ile %14.69 değerleri arasında değişim göstermektedir. En yüksek ayrılan jel ve yağ miktarı değeri K örneğinde bulgulanmıştır ($p<0.05$). Et sistemlerinde keten tohumu yağı ile hazırlanan çok katlı emülsiyonların kullanımı ile ayrılan jel ve yağ miktarında kontrol örneğine göre azalma saptanmıştır ($p<0.05$). Bu sonuç su tutma kapasitesi ve pişme kaybı değerlerine paralel bulgulanmıştır. Az yağlı et sistemlerinde teknolojik kayıpların önlenmesi ve emülsiyon karakteristiklerinin geliştirilmesi açısından çoklu emülsiyon kullanımının önemli bir strateji olduğu düşünülmektedir.

Literatür verileri incelendiğinde sonuçlar paralellik göstermekte olup Serdaroğlu vd. (2016b) ve Öztürk vd. (2016) model sistem et emülsiyonlarında, zeytinyağı sodyum kazeinat ya da yumurta akı tozu ile hazırlanan W/O/W emülsiyonların kullanımının ayrılan jel ve yağ miktarı değerlerinde azalmaya sebep olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 3.25.MSME-II örneklerine ait % ayrılan jel ve yağ miktarı değerleri

Örnek	Ayrılan Jel Yağ (%)
K	19.31 ^a ±3.26
C1	15.55 ^b ±0.19
C2	14.69 ^b ±1.67
C3	15.91 ^b ±1.08
C4	17.09 ^{ab} ±0.26

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



Şekil 3.13 MSME-II örneklerine ait ayrılan jel ve yağ miktarı değerleri**3.2.2.6. Peroksit sayısı**

Lipid oksidasyonu et sistemlerinde duysal ve besleyici özellikler açısından olumsuz etkiye neden olmaktadır. Birincil oksidasyon ürünlerinin tespiti amacıyla yapılan ısıt işlem uygulanmamış MSME-II örneklerine ait peroksit sayısı tayini sonuçları Çizelge 3.26.' de sunulmuştur. Örneklerin peroksit sayısı değerleri 0.90-1.53meqO₂/kg yağ arasında değişim göstermektedir. En düşük peroksit sayısı değeri K örneğine ait olup (p<0.05), çoklu doymamış yağ asitlerince zengin keten tohumu yağı içeren örnekler arasında antioksidan içermeyen C1 örneği kontrole benzer değerde tespit edilmiştir. Tüm antioksidan kullanılan örneklerde peroksit değerleri K örneğinden düşük bulunmuştur (p<0.05).Antioksidanın kullanıldığı faz ise peroksit değerleri üzerine etkili bulunmamıştır.

Çizelge 3.26. MSME-II örneklerine ait peroksit sayısı değerleri(meqO₂/kg yağ)

Örnek	Peroksit sayısı (meqO ₂ /kg yağ)
K	1.53 ^a ±0.16
C1	1.35 ^a ±0.21
C2	0.92 ^b ±0.00
C3	0.90 ^b ±0.01
C4	1.01 ^b ±0.07

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

3.2.2.7. TBA

Isıl işlem uygulanmamış MSME-II örneklerine ait TBA tayini sonuçları Çizelge 3.27.' de sunulmuştur. Örneklerin TBA değerleri 0.246-.504 mg malonaldehit/kg aralığında değişim göstermekle birlikte, en yüksek TBA değeri kontrol örneğinde bulgulanmıştır (p<0.05). Çok katlı emülsiyonların kullanımı örneklerin TBA değerinde azalmaya neden olmuştur (p<0.05). Çoklu emülsiyon kullanılan örnekler arasında en düşük TBA değeri yağ fazında ve model sistemde eklenen su fazında biberiye ekstraktı eklenen örneklerde tespit edilmiştir (p<0.05).

Çizelge 3.27. TBA değerleri

Örnek	TBA (mg malonaldehit/kg)
K	0.504 ^a ±0.094
C1	0.420 ^{ab} ±0.094
C2	0.246 ^c ±0.039
C3	0.361 ^b ±0.106
C4	0.250 ^c ±0.043

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

3.2.3. Isıl işlem uygulanmış model sistem et emülsiyonlarına ait bulgular

3.2.3.1. Kimyasal kompozisyon

Isıl işlem uygulanmış model sistem et emülsiyonlarının kimyasal kompozisyon değerleri Çizelge 3.28.' de sunulmaktadır. Örneklerin nem miktarları incelendiğinde %66.22-%68.95 aralığında değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek nem içeriği K örneğine ait olup, bu durum az yağlı ürün formülasyonlarında W₁/O/W₂ emülsiyon kullanımının, nem içeriğinde artışa neden olmadığını göstermektedir (p<0.05). Bu sonuç benzer çalışmalarla paralellik göstermektedir (Serdaroğlu vd., 2016b).

Model sistem et emülsiyonları yağ miktarları bakımından incelendiğinde; yağ miktarının %10.69-%14.59 aralığında değiştiği saptanmıştır. Kontrol örneği en düşük yağ miktarına değerine sahiptir (p<0.05). Çoklu emülsiyon içeren örnekler arasında ise istatistiksel açıdan farklılık bulgulanmamıştır (p>0.05). Yağ miktarının çoklu emülsiyon içeren örneklerde artış göstermesi, yağın ara fazda stabil bir ara yüzey tabakasıyla kaplanmış olup, yüksek emülsiyon stabilitesi değerleri göstermesiyle birlikte; ürünlerden ayrılan jel ve yağ miktarlarının düşük olması, emülsiyon karakteristiklerinin çoklu emülsiyon içeren formülasyonlarda geliştirilmiş olması ve yağın et matriksinde tutulmasıyla açıklanabilir.

Örneklere W₁/O/W₂ emülsiyonların eklenmesi protein içeriğinde kontrol örneğine kıyasla artışa sebep olmuş, en düşük protein miktarı K örneğinde %18.46 olarak tespit edilmiştir (p<0.05). Bu durum hayvansal yağ yerine, protein bazlı emülgatör olan sodyum kazeinat ile hazırlanan çoklu emülsiyonun

kullanımı ile açıklanabilir. Örneklerin kül miktarları %2.79-2.98 aralığında olup en düşük kül miktarı K örneğinde saptanmış, keten tohumu yağının emülsifiye edilerek eklenmesi örnekleri kül miktarında artışa sebep olmuştur ($p<0.05$). Benzer sonuçlar Öztürk vd. (2016) tarafından yapılan araştırmada da bulgulanmıştır. Son ürün pH değerleri 6.03-6.06 aralığında değişim göstermektedir, en yüksek pH değeri C1 örneğinde bulgulanmıştır ($p<0.05$).

Çizelge 3.28. Kimyasal kompozisyon ve pH değerleri

Örnek	Nem (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)	pH
K	68.95 ^a ±0.60	10.69 ^b ±0.52	18.46 ^d ±0.12	2.79 ^c ±0.07	6.04 ^b ±0.01
C1	66.22 ^c ±0.07	14.24 ^a ±0.10	19.43 ^a ±0.22	2.88 ^b ±0.01	6.06 ^a ±0.01
C2	67.12 ^b ±0.26	14.60 ^a ±0.41	19.11 ^b ±0.28	2.94 ^{ab} ±0.03	6.04 ^b ±0.02
C3	66.51 ^{bc} ±0.34	14.26 ^a ±0.50	19.37 ^a ±0.11	2.87 ^b ±0.02	6.03 ^b ±0.01
C4	66.09 ^b ±0.42	14.59 ^a ±0.29	18.69 ^c ±0.12	2.98 ^a ±0.01	6.03 ^b ±0.01

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

3.2.3.2. Renk (L^* , a^* , b^*)

Renk et ürünlerinde tüketici seçimi açısından en önemli görsel kriterlerdendir. Isıl işlem uygulanmış model sistem et emülsiyonlarının kesit yüzeyi renk (L^* , a^* , b^*) değerleri Çizelge 4.29.' da sunulmaktadır. Çizelge 4.29. incelendiğinde en düşük L^* , a^* ve b^* değerleri kontrol örneğinde saptanmıştır ($p<0.05$). Model sistem et emülsiyonlarında hayvansal yağ ikamesi olarak $W_1/O/W_2$ emülsiyonun kullanımının L^* ve b^* değerlerinde artışa sebep olması benzer şekilde Jimenez-Colmenero et al. (2010), Cofrades et al. (2013), Öztürk vd. (2016) tarafından bulgulanmış olup, hayvansal yağ ikamesi emülsiyon kullanımının bitkisel yağın türüne bağlı olarak L^* ve b^* değerlerinde artışa sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 3.29. Renk (L^* , a^* , b^*) değerleri

Örnek	L^*	a^*	b^*
K	55.44 ^d ±0.84	10.11 ^c ±0.28	8.97 ^c ±0.22
C1	57.02 ^c ±0.38	14.23 ^b ±0.22	11.54 ^a ±0.24

C2	58.37 ^{ab} ±0.64	14.39 ^b ±0.38	11.90 ^a ±0.83
C3	57.84 ^{bc} ±0.27	14.91 ^a ±0.26	11.39 ^a ±0.18
C4	58.73 ^a ±0.42	12.83 ^c ±0.37	11.64 ^a ±0.22

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

3.2.3.3. Peroksit sayısı

Isıl işlem görmüş MSME-II örneklerinin peroksit sayısı değerleri Çizelge 4.30.' da sunulmaktadır. En yüksek peroksit sayısı değeri K örneğinde bulgulanmış olup (p<0.05), çoklu emülsiyon içeren örnekler istatistiksel olarak birbirine benzer bulgulanmıştır (p>0.05). Formülasyonda doymamış yağ asitleri bakımından zengin olan keten tohumu yağı kullanımıyla bağlantılı olarak artması beklenen lipid oksidasyon ürünlerinin düşük bulunması, çoklu emülsiyonun sürekli fazda bulunan su ile yağ globüllerini sararak koruyucu etki göstermesi ile ilişkilendirilmiştir.

Çizelge 3.30. MSME-II örneklerine ait peroksit sayısı değerleri (meqO₂/kg yağ)

Örnek	Peroksit sayısı (meqO ₂ /kg yağ)
K	4.68 ^a ±0.13
C1	0.77 ^b ±0.07
C2	0.75 ^b ±0.28
C3	0.95 ^b ±0.16
C4	0.79 ^b ±0.12

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

3.2.3.4. TBA

Isıl işlem görmüş MSME-II örneklerinin TBA değerleri Çizelge 4.31.' de sunulmaktadır. En yüksek TBA değeri sığır et yağı içeren K örneğinde bulgulanmıştır (p<0.05). Çoklu emülsiyon örnekleri istatistiksel açıdan birbirine benzer bulgulanmıştır (p>0.05). Literatürde keten tohumu yağının çoklu emülsiyon formunda et ürünleri formülasyonlarında kullanıldığı araştırma bulunmamakta olup, zeytin yağı ile yapılan araştırmalarda Öztürk vd. (2016) çoklu emülsiyon kullanımının yağ globüllerinin, sürekli fazda su ile kaplanmış olmasının bariyer etkisi göstererek oksidatif stabiliteyi arttırdığını bildirmiştir.

Çizelge 3.31. TBA değerleri (mgMA/kg⁻¹)

Örnek	Son Ürün
K	0.368±0.041 ^a
C1	0.168±0.027 ^b
C2	0.174±0.015 ^b
C3	0.177±0.034 ^b
C4	0.164±0.011 ^b

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

3.2.3.5. Doku profil analizi

Isıl işlem MSME-II örneklerinin doku profili analizi değerleri Çizelge 4.32.'de sunulmaktadır. Sertlik değeri yüksek nem içeriğiyle ilişkili olarak en düşük kontrol örneğinde bulgulanmış olup, istatistiksel açıdan örnekler arasında farklılık bulgulanmamıştır (p>0.05). Örnekler yapışkanlık değeri açısından birbirine benzer bulgulanmış olup, benzer sonuçlar Eisinaite et al. (2017) ve Öztürk vd. (2016) tarafından saptanmıştır. Örnekler arasında en yüksek esneklik değeri ve en düşük çiğnenebilirlik değeri K örneğinde bulgulanmış olup düşük miktarda yağ, yüksek miktarda yağ içermesi ile ilişkilendirilmiştir (p<0.05). Örnekler sakızimsılık geri açısından birbirine benzer bulgulanmıştır (p>0.05).

Çizelge 3.32. Doku profili değerleri

Örnek	Sertlik (N)	Yapışkanlık	Esneklik (mm)	Sakızimsılık (N)	Çiğnenebilirlik (N mm)
K	10.02±0.60	0.87±0.04	0.95 ^a ±0.03	7.91±1.29	7.88 ^b ±0.87
C1	11.16±1.31	0.88±0.03	0.86 ^b ±0.02	8.76±0.55	9.49 ^a ±0.95
C2	11.89±0.61	0.87±0.01	0.87 ^b ±0.01	8.73±0.74	9.45 ^a ±0.07
C3	11.52±1.77	0.87±0.01	0.87 ^b ±0.01	8.69±0.53	9.51 ^a ±0.55
C4	11.73±1.02	0.88±0.01	0.88 ^b ±0.01	8.67±0.32	9.38 ^a ±0.41

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

3.2.4. Depolama periyodu boyunca MSME gruplarına uygulanan analizler

Depolama süresi boyunca $W_1/O/W_2$ emülsiyonu içeren model sistem et emülsiyonlarına 3., 6., 9. ve 12. günlerde pH, renk, peroksit sayısı ve TBA analizlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir.

3.2.4.1. pH

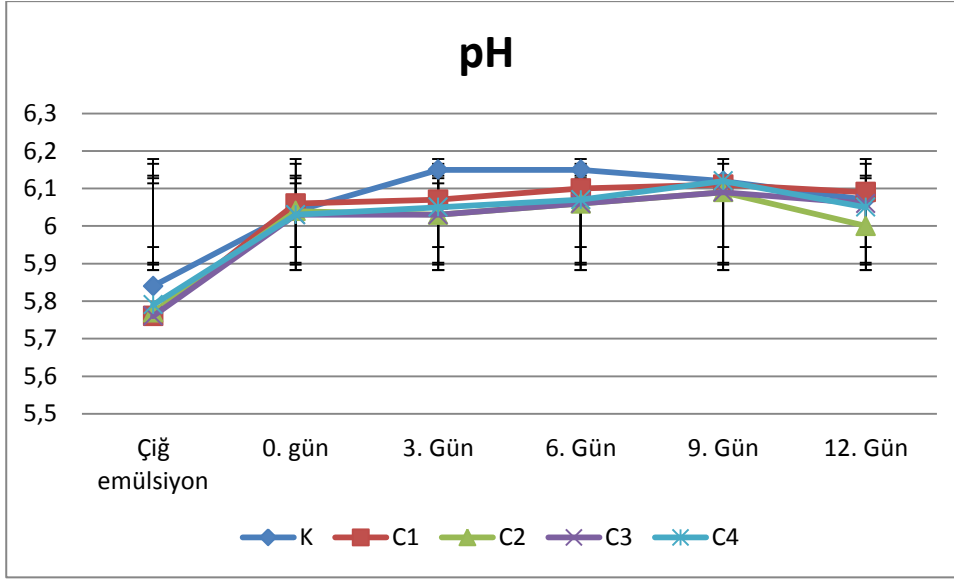
Üretim ve depolama süresi boyunca $W_1/O/W_2$ emülsiyonu içeren model sistem et emülsiyonlarının pH değerleri Çizelge 4.33. ve Şekil 4.15.'de sunulmuştur. MSME-II örneklerinin pH değeri proteinlerdeki yapının değişimi ile bağlantılı olarak ısıtılma işlem uygulaması ile artış göstermiştir ($p<0.05$). depolama periyodu süresince 9. Güne kadar örneklerin pH değerleri artış göstermiş olup, 12. gün itibarıyla azalma bulgulanmıştır ($p<0.05$). Bu durumun proteinlerin parçalanması dolayısıyla mikrobilyal gelişim ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 3.33 MSME-II örneklerine ait pH değerleri

Örnek	Çiğ emülsiyon	0. gün	3. Gün	6. gün	9. Gün	12. Gün
K	5.84 ^{a,E} ±0.00	6.04 ^{b,D} ±0.01	6.15 ^{a,A} ±0.00	6.15 ^{a,A} ±0.00	6.12 ^{a,B} ±0.00	6.07 ^{b,C} ±0.01
C1	5.76 ^{d,E} ±0.00	6.06 ^{a,D} ±0.01	6.07 ^{b,C} ±0.00	6.10 ^{b,A} ±0.00	6.11 ^{b,A} ±0.01	6.09 ^{a,B} ±0.01
C2	5.77 ^{c,E} ±0.00	6.04 ^{b,C} ±0.02	6.03 ^{d,C} ±0.00	6.06 ^{d,B} ±0.01	6.09 ^{c,A} ±0.00	6.00 ^{e,D} ±0.01
C3	5.76 ^{d,D} ±0.01	6.03 ^{b,C} ±0.01	6.03 ^{d,C} ±0.00	6.06 ^{d,B} ±0.00	6.09 ^{c,A} ±0.01	6.06 ^{c,B} ±0.00
C4	5.79 ^{b,E} ±0.00	6.03 ^{b,D} ±0.01	6.05 ^{c,C} ±0.00	6.07 ^{c,B} ±0.00	6.12 ^{a,A} ±0.01	6.05 ^{d,C} ±0.01

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

^{A,E}Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0.05$).



Şekil 3.14 MSME-II örneklerine ait pH değerleri

3.2.4.2. Renk (L^* , a^* , b^*)

$W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyon içeren model sistem et emülsiyonlarının son ürün ve depolama periyodu boyunca L^* değerleri Çizelge 4.34., Şekil 4.16., a^* değerleri Çizelge 4.35., Şekil 4.17. ve b^* değerleri 4.36, Şekil 4.18.' de sunulmuştur.

12 günlük depolama periyodu boyunca örneklerin L^* değerlerinin değişimi incelendiğinde en düşük L^* değeri K örneğinde bulgulanmış olup, 9. Günden itibaren parlaklık değerinde azalma saptanmıştır ($p<0.05$). Emülsiyon örnekleri depolama periyodu sürecinde L^* değeri bakımında azalma göstermiş, depolama sonunda en yüksek L^* değerleri C3 ve C4 örneklerinde, en düşük L^* değeri K örneğinde bulgulanmıştır ($p<0.05$). Parlaklık değerleri depolama boyunca azalma göstermiştir, benzer bulgular perilla yağı ile hazırlanan $W_1/O/W_2$ emülsiyonlarının kullanıldığı model sistem et emülsiyonlarında saptanmıştır (Flaiz et al.,2016).

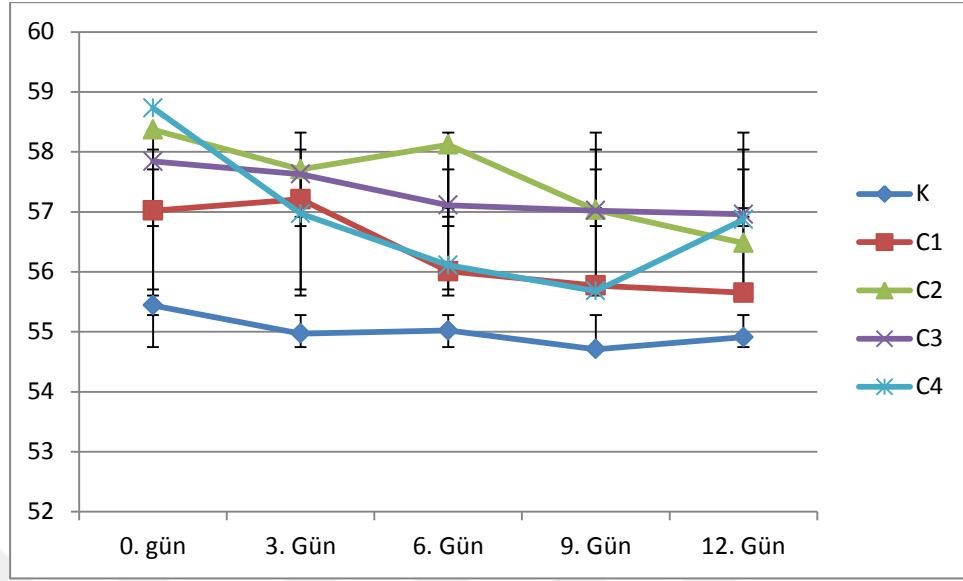
Çizelge 3.34. MSME-II örneklerine ait L^* değerleri

Örnek	0. gün	3. Gün	6. gün	9. Gün	12. Gün
K	55.44 ^{d,A} ±0.84	54.97 ^{b,A} ±0.99	55.02 ^{c,AB} ±0.51	54.71 ^{b,B} ±0.82	54.91 ^{c,B} ±0.43
C1	57.02 ^{c,A} ±0.38	57.21 ^{a,A} ±0.84	56.01 ^{bc,AB} ±0.88	55.77 ^{b,B} ±0.69	55.65 ^{bc,B} ±0.81
C2	58.37 ^{ab,A} ±0.64	57.71 ^{a,AB} ±1.07	58.12 ^{a,A} ±1.32	57.03 ^{a,AB} ±0.49	56.48 ^{ab,B} ±0.41
C3	57.84 ^{bc} ±0.27	57.63 ^a ±0.37	57.11 ^{ab} ±0.29	57.02 ^a ±0.94	56.96 ^a ±0.58

C4	58.73 ^{a,A} ±0.42	56.97 ^{a,B} ±0.62	56.11 ^{bc,BC} ±1.07	55.68 ^{b,C} ±0.66	56.87 ^{a,B} ±0.54
----	----------------------------	----------------------------	------------------------------	----------------------------	----------------------------

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

^{A,C}Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).



Şekil 3.15 MSME-II örneklerine ait L* değerleri

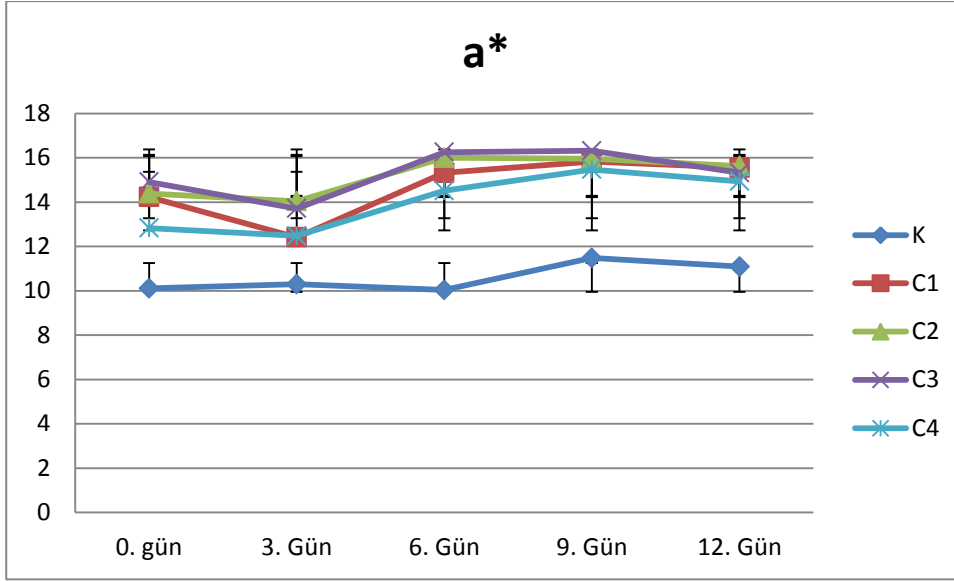
Çizelge 4.35. incelendiğinde model sistem et emülsiyonlarında depolama periyodu boyunca en düşük a* değeri K örneğinde bulgulanmıştır (p<0.05). Keten tohumu yağı ve sodyum kazeinat içeren çoklu emülsiyonların az yağlı model sistem et emülsiyonları formülasyonlarına eklenmesi a* değerinde artışa neden olmuştur. Depolama sürecinde örneklerde a* değerinde artış bulgulanmıştır (p<0.05). Eisinate et al. (2017) çoklu emülsiyon kullanımının et sistemlerinde renk pigmentlerinin bağlanması açısından etkili olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 3.35. MSME-II örneklerine ait a* değerleri

Örnek	0. Gün	3. Gün	6. gün	9. Gün	12. Gün
K	10.11 ^{c,B} ±0.28	10.30 ^{b,B} ±0.56	10.04 ^{e,B} ±0.49	11.48 ^{d,A} ±0.25	11.09 ^{c,A} ±0.18
C1	14.23 ^{b,B} ±0.22	12.41 ^{b,C} ±0.20	15.32 ^{bc,A} ±0.83	15.83 ^{a,A} ±0.35	15.55 ^{a,A} ±0.33
C2	14.39 ^{b,B} ±0.38	14.04 ^{a,B} ±0.60	16.00 ^{ab,A} ±0.56	15.96 ^{ab,A} ±0.37	15.63 ^{a,A} ±0.47
C3	14.91 ^{a,B} ±0.26	13.71 ^{a,C} ±0.54	16.25 ^{a,A} ±0.60	16.32 ^{a,A} ±0.65	15.32 ^{ab,B} ±0.53
C4	12.83 ^{c,C} ±0.37	12.48 ^{b,C} ±0.71	14.51 ^{c,B} ±0.35	15.47 ^{b,A} ±0.52	14.94 ^{b,AB} ±0.29

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

^{A,C}Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).



Şekil 3.16 MSME-II örneklerine ait a* değerleri

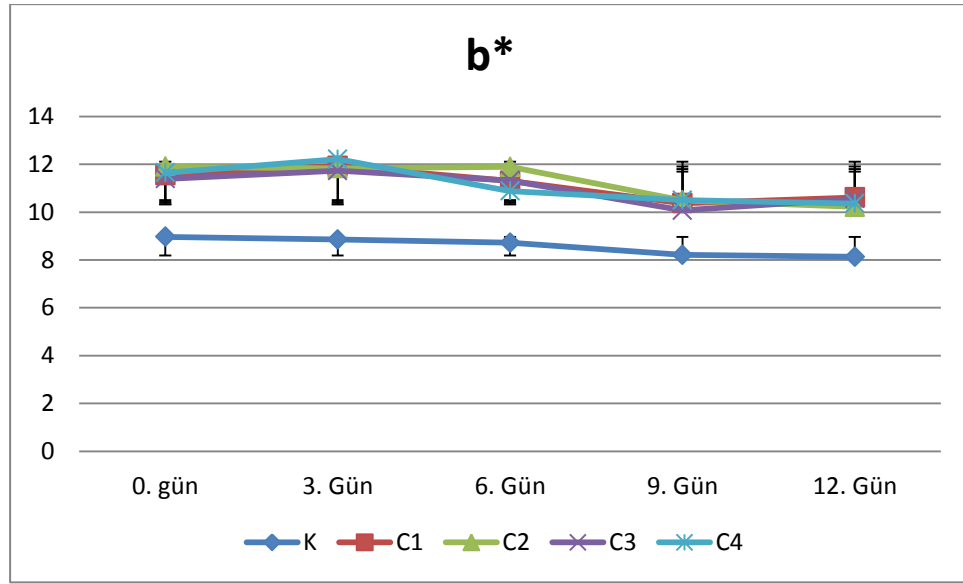
Çizelge 4.36. incelendiğinde örnekler arsında depolama periyodu boyunca en düşük b* değeri K örneğinde bulgulanmış olup, bu durum keten tohumu yağıyla hazırlanan $W_1/O/W_2$ emülsiyonların, sığır et yağı yerine kullanımı ile bağlantılı bulgulanmıştır ($p<0.05$). Model sistem et emülsiyonları 12 günlük depolama periyodu süresince b* değeri açısından azalma eğilimi göstermiş olup ($p<0.05$), depolama sonunda çoklu emülsiyon örnekleri b* değeri bakımından benzerlik göstermiştir ($p>0.05$).

Çizelge 3.36. MSME-II örneklerine ait b* değerleri

Örnek	0. Gün	3. Gün	6. gün	9. Gün	12. Gün
K	8.97 ^{c,A} ±0.22	8.85 ^{d,AB} ±0.39	8.72 ^{d,AB} ±0.36	8.21 ^{c,BC} ±0.63	8.13 ^{b,C} ±0.28
C1	11.54 ^{a,A} ±0.24	11.93 ^{a,A} ±0.47	11.30 ^{ab,AB} ±0.37	10.37 ^{a,C} ±0.76	10.61 ^{a,BC} ±0.25
C2	11.90 ^{a,A} ±0.83	11.83 ^{a,A} ±0.44	11.89 ^{a,A} ±0.47	10.49 ^{a,B} ±0.41	10.22 ^{a,B} ±0.31
C3	11.39 ^{a,A} ±0.18	11.73 ^{a,A} ±0.49	11.32 ^{ab,A} ±0.28	10.07 ^{a,B} ±0.63	10.56 ^{a,B} ±0.63
C4	11.64 ^{a,B} ±0.22	12.21 ^{a,A} ±0.28	10.88 ^{b,C} ±0.47	10.50 ^{a,CD} ±0.21	10.36 ^{a,D} ±0.18

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

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



Şekil 3.17 MSME-II örneklerine ait b* değerleri

3.2.4.3. Peroksit sayısı

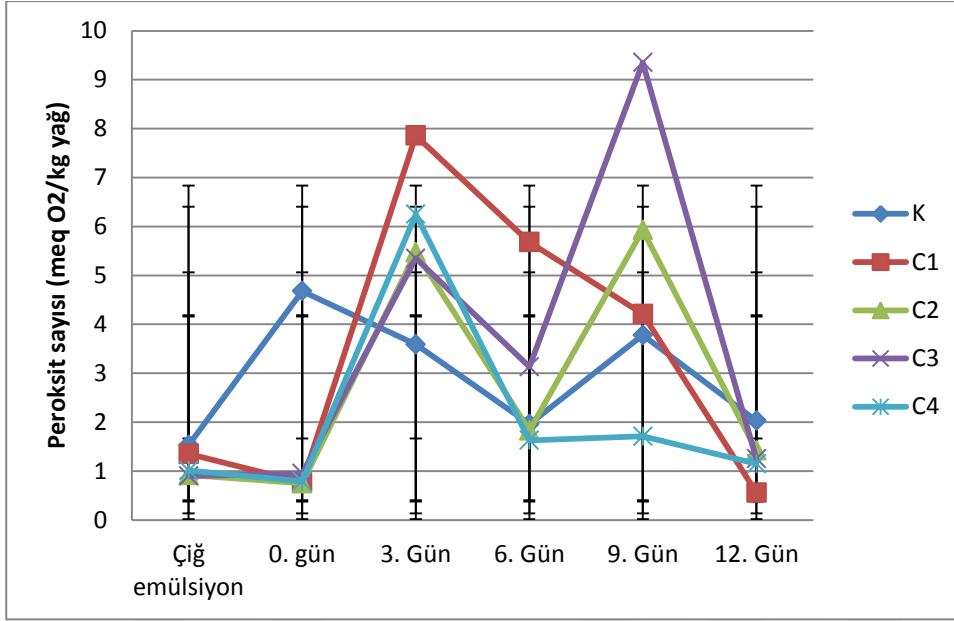
Üretim ve depolama süresi boyunca W/O/W emülsiyonu içeren model sistem et emülsiyonlarının peroksit sayısı değerleri Çizelge 3.37. ve Şekil 3.19'da sunulmuştur. Örneklerin peroksit sayısı değerleri 0.56-7.86 (meqO₂/kg yağ) aralığında bulgulanmıştır. Son ürün ve 12. Günde en yüksek TBA değeri K örneğinde bulgulanmıştır (p<0.05).

Çizelge 3.37. MSME-II örneklerine ait peroksit sayısı değerleri (meqO₂/kg yağ)

Örnek	Çiğ emülsiyon	0. gün	3. gün	6. gün	9.gün	12.gün
K	1.53 ^{c,C} ±0.16	4.68 ^{a,A} ±0.13	3.59 ^{c,B} ±0.62	1.96 ^{c,C} ±0.54	3.78 ^{c,B} ±0.36	2.03 ^{a,C} ±0,19
C1	1.35 ^{a,D} ±0.21	0.77 ^{b,DE} ±0.07	7.86 ^{a,A} ±0.32	5,68 ^{a,B} ±0.61	4.21 ^{c,C} ±0.70	0.56 ^{d,E} ±0.14
C2	0.92 ^{b,C} ±0.00	0.75 ^{b,C} ±0.28	5.47 ^{b,A} ±0.61	1.83 ^{c,B} ±0.45	5.93 ^{b,A} ±0.39	1.42 ^{b,BC} ±0.07
C3	0.90 ^{b,D} ±0.01	0.95 ^{b,D} ±0.16	5.35 ^{b,B} ±0.08	3.13 ^{b,C} ±0.08	9.35 ^{a,A} ±0.41	1.25 ^{b,C,D} ±0.14
C4	1.01 ^{b,BC} ±0.07	0.79 ^{b,C} ±0.12	6.25 ^{b,A} ±0.83	1.63 ^{c,B} ±0.26	1.71 ^{d,B} ±0.34	1.15 ^{c,BC} ±0.07

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

^{A,D}Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).



Şekil 3.18 MSME-II örneklerine ait peroksit sayısı değerleri (meqO₂/kg yağ)

3.2.4.4. TBA

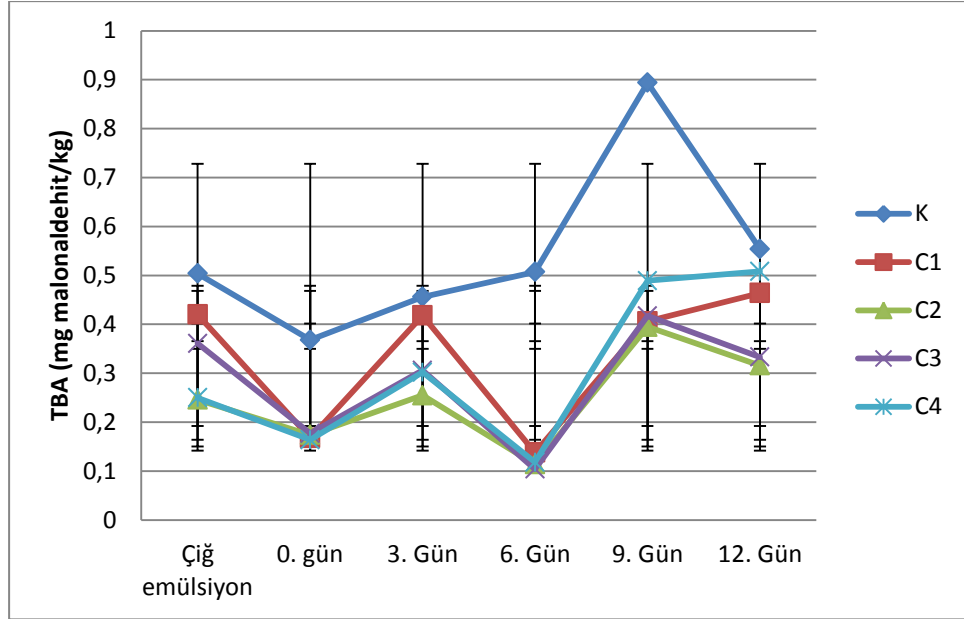
Üretim ve depolama süresi boyunca W₁/O/W₂ emülsiyonu içeren model sistem et emülsiyonlarının TBA (mg malonaldehit/kg) değerleri Çizelge 3.38. ve Şekil 3.20.'de sunulmuştur.

Çizelge 3.38. TBA değerleri (mg malonaldehit/kg)

Örnek	Çiğ emülsiyon	0. Gün	3. Gün	6. Gün	9. Gün	12. Gün
K	0.504 ^{a, B} ±0.094	0.368 ^{a, B} ±0.041	0.456 ^{a, B} ±0.146	0.507 ^{a, B} ±0.081	0.894 ^{a, A} ±0.175	0.554 ^{a, B} ±0.166
C1	0.420 ^{ab, A} ±0.094	0.168 ^{b, B} ±0.027	0.418 ^a ^A ±0.047	0.138 ^{b, A} ±0.012	0.406 ^{b, A} ±0.055	0.464 ^{ab, A} ±0.08
C2	0.246 ^c ^C ±0.039	0.174 ^b ^D ±0.015	0.255 ^b ^C ±0.038	0.114 ^b ^E ±0.004	0.395 ^b ^A ±0.026	0.316 ^{c, B} ±0.017
C3	0.361 ^b ^{AB} ±0.106	0.177 ^b ^C ±0.034	0.306 ^{ab, B} ±0.110	0.104 ^{b, C} ±0.010	0.417 ^b ^A ±0.042	0.333 ^{bc, AB} ±0.034
C4	0.250 ^c ^{BC} ±0.043	0.164 ^{b, CD} ±0.011	0.302 ^{ab} ^B ±0.111	0.118 ^b ^D ±0.035	0.489 ^b ^A ±0.033	0.508 ^{a, A} ±0.104

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

^{A, E} Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).



Şekil 3.19 MSME-II örneklerine ait TBA (mg malonaldehit/kg)değerleri

Lipid oksidasyonu, et ve et ürünlerinin besleyici ve duyu kalite karakteristikleri üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Deneme-II örneklerinin TBA değerleri 0.104-0.894 mg MA/kg⁻¹ aralığında değişmektedir. 12 günlük depolama periyodu boyunca örnekler arasında en yüksek TBA değerleri K örneğinde bulgulanmıştır ($p < 0.05$). Örneklerde keten tohumu yağının yüksek oranda çoklu doymamış yağ içeriğine sahip olmasının, TBA değerinde artışa neden olması beklenirken, çok katlı emülsiyonların kullanımı stratejisiyle, daha düşük TBA değerine sahip bulgulanmıştır. Bu sonuç çok katlı emülsiyonların dış fazda su içermesi sebebiyle, yağ globüllerini sararak koruyucu bariyer etkisi göstermesiyle ilişkilendirilmektedir. Çok katlı emülsiyon içeren örnek grupları 6. ve 9. günlerde TBA değeri bakımından incelendiğinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulgulanmamış olup ($p < 0.05$); 12 günlük depolama periyodu sonucunda en düşük TBA değeri yağ fazında 100 ppm biberiye ekstraktı içeren C2 örneğinde bulgulanmıştır ($p < 0.05$). W_1 fazında antioksidan eklenmesi ile K örneğinden düşük TBA değeri bulgulanmış olup ($p < 0.05$), Poyato et al. (2013) benzer şekilde lipofilik antioksidan eklenmesinin ürünlerinin oksidatif stabilitesi açısından daha etkili olduğunu bildirmiştir. Daha sağlıklı, yağ asidi profili geliştirilmiş ürün geliştirilmesi stratejilerinde TBA değerlerinin çoklu emülsiyon kullanımıyla düşük bulgulanması, çalışmaya paralel olarak Serdaroğlu vd. (2016b) ve Öztürk vd. (2017) tarafından bildirilmiştir.

Freire et al. (2016), frankfurter tipi sosislerde domuz sırt yağı veya perilla yağının likit, O/W ya da çok katlı emülsiyon formunda eklenmesinin istatistiksel olarak anlamlı farklılık içermediğini ancak perilla yağının ürünlerde kullanımının doymamış yağ asidi içeriğiyle bağlantılı olarak TBA değerlerinde artışa neden olduğunu bulgulanmıştır. Aynı çalışmada ürünlerin TBA değeri 0.24-0.69 mg MA/kg⁻¹ aralığında bulgulanmıştır.

Cofrades et al. (2014) et sistemlerinde chia yağının likit ya da çok katlı emülsiyon formunda domuz yağı yerine kullanımını araştırmış olup, çoklu emülsiyon kullanılan örneklerde TBA değerlerini daha yüksek bulgulanmıştır. Hidroksitirozol eklenen örneklerde oksidatif stabilitenin daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Çoklu emülsiyon kullanımı ile ilgili olarak farklı bulgular elde edilmesi çalışma ile kıyaslandığında; yer değiştirilen yağ türü, çok katlı emülsiyon içeriği, ürün işleme koşulları, et matriksinin içeriğine bağlı olarak kompleks olan lipid oksidasyonunu farklı şekillerde etkilemesi ile ilişkilendirilmektedir. Doymamış yağ asidi içeriği yüksek yağların yağ fazında doğal antioksidanlarla zenginleştirilerek çok katlı emülsiyon formunda sığır yağı yerine kullanımının, daha sağlıklı et ürünleri formülasyonları geliştirilmesinde iyi bir strateji olduğu bulgulanmıştır.

4. SONUÇ

- O/W jel emülsiyonlarına farklı fazlarda antioksidan eklenmesi pH değişimine neden olmuştur.
- Deneme-I grubu örneklerinde O/W jel emülsiyonun formülasyona eklenmesiyle su tutma kapasitesi değerlerinde azalma bulgulanmıştır.
- Deneme-I grubu örneklerinde keten tohumu yağıyla hazırlanan O/W jel emülsiyonun ilavesi toplam uzaklaşan sıvı miktarında artışa neden olurken; toplam uzaklaşan yağ miktarında anlamlı farklılık oluşmamıştır.
- Pişirme kaybı değerleri O/W jel emülsiyonun tamamen hayvansal yağ ile yer değiştirilmesi sonucu artış göstermiş, KTY içeren örnekler arasında antioksidan eklenmeyen grupta en düşük pişirme kaybı değeri bulgulanmıştır.
- Formülasyona O/W jel emülsiyon eklenen örneklerde, antioksidan ilavesi ayrılan jel ve yağ miktarı değerleri üzerine etkili bulgulanmamıştır.
- Isıl işlem uygulanmış MSME-I örnekleri formülasyonlarında O/W jel emülsiyon kullanımı ile kimyasal kompozisyonunda; nem miktarında azalma, yağ miktarında kullanılan jelleştirici ajanların yağ bağlama etkileri sonucu artış bulgulanmıştır.
- Deneme-I örneklerinde son ürün özellikleri oksidatif stabilite açısından incelendiğinde yağ fazında antioksidan içeren örneklerde en düşük peroksit sayısı ve TBA değeri bulgulanmış olup, kontrol örneğinden düşük miktarda saptanmıştır.
- Deneme-I örnekleri tekstürel özellikler açısından incelendiğinde; formülasyona jel emülsiyon ilave edilmesi sertlik, çiğnenebilirlik, esneklik ve sakızimsılık değerleri açısından benzer bulgulanmıştır.
- Jel emülsiyon ilave edilmesi içeriğindeki KTY ile ilişkili olarak L* ve b* değerlerinde artışa neden olmuştur. 12 günlük depolama periyodu sonucunda deneme-I örneklerinin pH değerlerinde artış gözlenirken, L* değerlerinde artış, b* değerlerinde azalma bulgulanmıştır.
- Deneme-I örnekleri içeriğindeki doymamış yağ asitlerince zengin KTY' na bağlı olarak TBA değerleri kontrolden yüksek bulgulanmıştır. Depolama periyodu boyunca, antioksidan içermeyen J1, su fazında antioksidan içeren J3

ve J4 örneğinde 9. günde, yağ fazında antioksidan içeren J2 örneğinde ise 12. Günde en yüksek TBA değerinde bulgulanmıştır.

- $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonlarda antioksidanın farklı fazlarda eklenmesi pH değerinde etkili bulgulanmıştır. Su fazında eklenmesi azalma, yağ fazında eklenmesi ile artış bulgulanmıştır.
- MSME-II örneklerinde formülasyona $W_1/O/W_2$ eklenmesi su tutma kapasitesi değerlerinde artışa neden olmuştur.
- Çoklu emülsiyon içeren örneklerde toplam uzaklaşan sıvı ve toplam uzaklaşan yağ miktarları benzer bulgulanmıştır.
- Deneme-II örneklerinde çoklu emülsiyon kullanımı pişme kaybı ve ayrılan jel yağ miktarında azalmaya neden olmuştur.
- Çoklu emülsiyon kullanımıyla az yağlı ürünlerin nem değerinde azalma, sodyum kazeinatın yağ bağlama özelliğiyle yağ miktarında ve protein miktarında artma bulgulanmıştır.
- Örneklerde KTY'nin çoklu emülsiyon formunda eklenmesi L^* ve b^* değerlerinde artışa neden olmuştur.
- Isıl işlem görmüş MSME-II örnekleri oksidatif açıdan incelendiğinde çoklu emülsiyon kullanımı ile peroksit ve TBA değerinde azalma bulgulanmıştır.
- Depolama periyodu boyunca çoklu emülsiyon içeren örneklerde L^* ve b^* değerlerinde azalma tespit edilmiştir.
- Çoklu emülsiyon içeren örneklerde 12 günlük depolama periyodu sonucunda kontrole kıyasla düşük TBA değeri bulgulanmış olup, en düşük TBA değeri yağ fazında antioksidan içeren örnekte tespit edilmiştir.
- Formülasyona çoklu emülsiyon ilave edilmesi koruyucu etki yaparak, ürünlerin TBA değerlerinde azalmaya neden olmuştur.

5. GENEL DEĞERLENDİRME

Çalışmada daha sağlıklı gıda tüketimine olan ilgi artışı göz önünde bulundurularak yağ azaltılmış, doymamış yağ asitlerince zenginleştirilmiş daha sağlıklı et ürünleri formülasyonlarının geliştirilmesi amacıyla fonksiyonel keten tohumu yağının, yenilikçi teknolojik yaklaşımlar olan O/W jel ve $W_1/O/W_2$ çoklu emülsiyonlar aracılığıyla et sistemlerine taşınması başarıyla gerçekleştirilmiştir. Az yağlı emülsifiye ürünlerde üretim ve depolama sırasında ortaya çıkabilecek teknolojik problemler ve kalite problemlerinin yenilikçi ön emülsiyon stratejileri kullanılarak önlenebilirliği araştırılmıştır. Formülasyona jel emülsiyon eklenerek yağ asidi profili modifikasyonu sağlanırken, ürünün tekstürel özelliklerinde gelişme sağlabileceği bulgulanmıştır. Jel emülsiyon içeren gruplar arasında ısıtıl işlem sonrasında en düşük TBA değeri yağ fazında biberiye ekstraktı içeren örnekte bulgulanmış olup, depolama süresi sonunda en düşük TBA değeri kontrol örneğinde bulgulanmıştır. Sodyum kazeinat ve keten tohumu yağı ile hazırlanan $W_1/O/W_2$ emülsiyonlarının sisteme taşınması ile emülsiyon karakteristiklerinde iyileştirme sağlanırken, çoklu emülsiyon kullanımıyla doymamış yağ asitlerince zengin gıdaların sisteme doğal antioksidanların da eklenmesiyle oksidatif stabilitenin arttırılabileceği tespit edilmiştir. Depolama süresi sonunda MSME-II grupları arasında ikincil oksidasyon ürünleri bakımından oksidatif stabilite en yüksek yağ fazında biberiye ekstraktı içeren örnekte bulgulanmıştır.



6. KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdullah, B. and Al-Najdawi, R.**,2005, Functional and sensory properties of chicken meat from spent-hen carcasses deboned manually or mechanically in Jordan, *International Journal of Food Science and Technology*, 40:537-543p.
- Ahn, D. U., Wolfe, F. H., Sim, J. S., Kim, D. H.**, 1992, Packaging cooked turkey meat patties while hot reduces lipid oxidation. *J. Food Sci*, 57(5), 1075.
- Akoh, C.C.**,1998, Fat Replacers, *Food Technology*, 52:3p.
- Alejandre, M., Poyato, C., Ansorena, D.,Astiasaran, I.**, 2016, Linseed oil gelled emulsion: A successful fat replacer in dry fermented sausages.*Meat Science* 121:107-113p.
- Alvarez, D., Barbut, S.**, 2013, Effect of inulin, β -glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters. *Meat Science*, 94, 320-327p.
- Amselem, S., Friedman, D.**, 1998, Submicron emulsions as drug carriers for topical administration, *Submicron emulsions, drug targeting and delivery*, ed: Benita, S. , Harwood Academic Publishers, London, 153– 173p.
- Amundson, C. M. and Sebranek, J. G.**, 1990, Factors affecting emulsions capacity as a measure of protein functionality for non-meat proteins, *Journal of Food Science*, 55 (1), 267-268, 270.
- Angor, M. M., Al-Abdullah, B. M.**, 2010, Attributes of low-fat beef burgers made from formulations aimed at enhancing product quality. *Journal of Muscle Foods*, 21(2), 317–326p.
- AOAC**, 1995, Official methods of analysis (16th ed.), Washington, DC, USA:Association of Official Analytical Chemists.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- AOAC**, 2007, Official methods of analysis, 18th Ed., AOAC International, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- Aoki, T., Decker, E.A., McClements, D.J.**, 2005, Influence of Environmental Stresses on Stability of O/W Emulsions Containing Droplets Stabilized by Multilayered Membranes Produced by a Layer-by-layer Electrostatic Deposition Technique, *Food Hydrocolloid*, 19, 209-220p.
- Arihara K.**, 2006, Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Science*, 74:219–229p.
- Arslan, S.**, 2006, Effects of salt and phosphate levels on the emulsion properties of fresh and frozen hen meats, *African Journal of Biotechnology*, 5(10):1006-1012p.
- Asuming-Bediako, N., Jaspal, M.H., Hallett, K., Bayntun, J., Baker, A., Sheard, P.R.**, 2014, Effects of replacing pork backfat with emulsified vegetable oil on fatty acid composition and quality of UK-style sausages. *Meat Science* 96: 187-194p.
- Başaran, S. H.**, 2015, Formation of epoxy fatty acids during autoxidation of linseed, sunflower and olive oil, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans tezi, 0-52s.
- Bawa, A.S., Osborne W.R. and Orr, H.L.**, 1988, Interactions among, meat, fillers and extenders in emulsion systems, *Journal of food technology*, 25 (2):78-83p.
- Benichou, A., Aserin, A. and Garti, N.**, 2004, Double emulsions stabilized with hybrids of natural polymers for entrapment and slow release of active matters, *Advances in Colloid and Interface Science*, 108-109, 29-41p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Benichou, A., Aserin, A. and Garti, N.,** 2007, O/W/O Double emulsions stabilized with wpi-polysaccharide conjugates, *colloids and surfaces a, Physicochemical and Engineering Aspects*, 297(1-3), 211–220p.
- Biesalski, H.K.,** 2005, Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?, *Meat Science*, 70:509-524p.
- Bloedon, L. T., Spazary, P. O.,** 2004, Flaxseed and Cardiovascular Risk, *Nutrition Reviews*, 62(1), 18-27p.
- Bloukas, J. G., Paneras, E. D., Fournitzis, G. C.,** 1997, Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages, *Meat Science*, 45(2), 133-144p.
- Bloukas, J.G. and Honikel, K.O.,** 1992, The influence of additives on the oxidation of pork backfat and its effect on water and fat binding in finely comminuted batters', *Meat Science*, 32: 31-43p.
- Bond, J. M., Marchello, M. J., Slinger, W. D.,** 2001, Physical, chemical, and shelf-life characteristics of low-fat ground beef patties formulated with waxy hull-less barley, *Journal of Muscle Foods*, 12(1), 53–69p.
- Brewer, M.S.,** 2012, Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: A review, *Meat Science*, 91, 385-395p.
- Bruckner, J., Mieth, G. and Muschiolik, G.,** 1996, Functional properties of plant protein in selected foods, *Die Nahrung*, 30:428p.
- Buckley, D. J., Gray, J. I., Asghar, A., Price, J. F., Crackel, . L., Booren, A. M., Miller, E. R.,** 1989, Effects of dietary antioxidants and oxidized oil on membranal lipid stability and pork product quality. *Journal of Food Science*, 54(5), 1193-1197p.
- Carpenter, J.A. and Saffle, R.L.,** 1964, A simple method of estimating the emulsifying capacity of various meats, *Journal of Food Science*, 29:744p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cengiz, E. ve Gökoğlu, N.**, 2005, Changes in energy and cholesterol contents of frankfurter-type sausages with fat reduction and fat replacer addition, *Food Chemistry*, 91:443–447s.
- Chandrapala, J., Oliver, C., Kentish, S., Ashokkumar, M.**, 2012, Ultrasonics in food processing, *Ultrasonics Sonochemistry*, 19,975-983p.
- Charcosset, C.**,2009, Preparation Of Emulsions And Particles By Membrane Emulsification For The Food Processing Industry, *Journal of Food Engineering*, 92,241-249p.
- Choi, S. J., Decker, E. A., McClements D. J.**, 2009, Impact of iron encapsulation within the interior aqueous phase of water-in-oil-in-water emulsions on lipid oxidation. *Food Chemistry* 116; 271–276p.
- Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Kim, H.W., Lee, J.W., Chung, H.J., Kim, C.J.**, 2010, Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. *Meat Science*84: 212-218p.
- Cofrades, S., Antoniou, I., Solas, M. T., Herrero, A. M., Jimenez-Colmenero. F.** 2013, Preparation and impact of multiple (water-in-oil-in-water) emulsions in meat systems, *Food Chemistry*, 141; 338–346p.
- Cofrades, S., López-López, I., Solas, M. T., Bravo, L., 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, 767–776p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cofrades, S., Santos-Lopez, J.A., Freire, M., Benedi, J., Sanchez-Muniz, Jimenez-Colmenero, F.,** 2014, Oxidative stability of meat systems made with W1/O/W2 emulsions prepared with hydroxytyrosol and chia oil as lipid phase. *LWT - Food Science and Technology* 59: 941-947.
- Cuvelier, M. E., Bondet, V., Berset, C.,** 2000, Behavior of phenolic antioxidants in a partitioned medium: structure—Activity relationship. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77(8), 819-824.
- Dalgleish, D.G., West, S.J., Hallett, F.R.,** 1997, The Characterization Of Small Emulsion Droplets Made From Milk Proteins And Triglyceride Oil, *Colloid Surface A.*, 123,145-53p.
- Dalgleish, D.G.,** 2004, Food Emulsions: Their Structures And Properties, In *Food Emulsions*, 4th ed., ed: Friberg, S.E., Larsson, K. and Sjöblom, J. Marcel Dekker, New York, Chap.
- De Cindio, B., Grasso, G., Cacace, D.,** 1991, Water-In-Oil-In-Water Double Emulsions For Food Applications: Yield Analysis And Rheological Properties, *Food Hydrocolloids*, 4(5),339–353p.
- De Smet, S., Vossen, E.,** 2016, The balance between nutrition and health. A review. *Meat Science*, in press.
- Decker, Eric A., Warner, K., Richards, M. P. and Shahidi F.,** 2005, Measuring Antioxidant effectiveness in food, *J. Agric. Food Chem.*, 53:4303-4310p.
- Delgado- Pando, G., Cofrades, S., Ruiz –Capillaz, C., Solas, M. T., Triki, M., Jimenez- 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* 89:65- 71p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Dickinson, E.**, 1992, An Introduction To Food Colloids, Oxford, UK: Oxford Univ. Press.
- Dickinson, E.**, 2011, Double Emulsions Stabilized By Food Biopolymers, Food Biophysics, 6(1),1-11p.
- Dickinson, E.**, 2012, Emulsion gels: the structuring of soft solids with protein-stabilized oil droplets. *Food Hydrocolloids*, 28, 224-241p.
- Dickinson, E.**, 2015, Structuring of colloidal particles at interfaces and the relationship to food emulsion and foam stability', *Journal of Colloid and Interface Science*, 449,38-45p.
- Doersch, D.R., Briggs, J.L., and Lonergan, S.M.**, 2003, Effects of pork collagen on thermal and viscoelastic properties of purified porcine myofibrillar protein gels, *Meat Science*, 66, 181–188p.
- Dorman, H. J. D., Peltoketo, A., Hiltunen, R., Tikkanen, M. J.**, 2003, Characterisation of the antioxidant properties of deodourised aqueous extracts from selected Lamiaceae herbs, *Food Chemistry*, 83, 255-262.
- Eilert, S. J., Blackmer, D. S., Mandigo, R. W., Calkins, C. R.**, 1993, Meat batters manufactured with modified beef connective tissue, *Journal of Food Science*, 58(4), 691–696p.
- Eisinaite, V., Juraite, D., Schroen, K., Leskauskaite, D.**, 2017, Food-grade double emulsions as effective fat replacers in meat systems, *Journal of Food Engineering*, (in press).
- El-Aasser, M.S., Sudol, E.D.**, 2004, Miniemulsions: Overview Of Research And Applications, *JCT. Res.*, 1(1),21–31p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ergezer, H. ve Serdaroğlu, M.**, 2008, Et ve et ürünlerinde su tutma kapasitesi ve ölçüm yöntemleri, Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- Ergezer, H.**, 2013, Enginar atıklarından elde edilen ekstraktın çiğ ve pişirilmiş köftelerde antioksidatif etkilerinin araştırılması, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Erickson, M.C.**, 2008, Lipid Oxidation of Muscle Foods In “*Food Lipids*”, Akoh and Min. Ed., CRC Press, 322-347p.
- Ertas, A.H., Karabaş, G.**, 1998, Ayçiçek yağı ile frankfurter tipi sosis üretimi üzerinde araştırma. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 22: 235-240s.
- Fernandez, M., Ordóñez, J. A., Bruna, J. M., Herranz, B. and Hoz, L.**, 2000, Accelerated ripening of dry fermented sausages. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 201-209.
- Flanagan, J., Singh, H.**, Microemulsions: A Potential Delivery Systems For Bioactives In Food, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 46, 221-237.
- 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*, 40:631–633p.
- Frankel, E. N., Huang, S. W., Aeschbach, R., Prior, E.**, 1996, Antioxidant activity of a rosemary extract and its constituents, carnosic acid, carnosol, and rosmarinic acid, in bulk oil and oil-in-water emulsion, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(1), 131-135.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Freire, M., Bou, R., Cofrades, S., Solas, M. T., Jimenez-Colmenero, F.,** 2016, Double emulsions to improve frankfurter lipid content: impact of perilla oil and pork backfat. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 96, 900-908p
- Garcia, M. L., Caceres, E., Selgas, M. D.,** 2007, Utilisation of fruit fibres in conventional and reduced-fat cooked-meat sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(4), 624–631p.
- García-Iñiguez de Ciriano, M., Rehecho, S., Calvo, M. I., Caverio, R. Y., Navarro, I., Astiasaran, I., Ansorena, D.** 2010, Effect of lyophilized water extracts of *Melissa officinalis* on the stability of algae and linseed oil-in-water emulsion to be used as a functional ingredient in meat products, *Meat Science* 85: 373–377p.
- Garti, N.,** 1997, Progress In Stabilization And Transport Phenomena Of Double Emulsions In Food Applications, *Lebensm.-Wiss u.- Technol.*, 30, 222–235p.
- Genccelep, H.,** 2008, Derleme: et proteinlerinin fonksiyonel özellikleri; *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (2) 9-18s.
- Ghosh, V., Mukherjee, A., Chandrasekaran, N.,** 2013, Ultrasonic Emulsification Of Food-Grade Nanoemulsion Formulation And Evaluation Of Its Bactericidal Activity, *Ultrasonics Sonochemistry*, 20, 338-344p.
- Giese, J.,** 1996, Fats, oils and fat replacers. *Food Technology*, 50(4), 78-83.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M. ve Zorba, Ö.,** 2010, Et Ürünleri İşleme Mühendisliği, Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 786, Sekizinci Baskı, 151-188s.
- Gökalp, Y.H., Kaya, M. ve Zorba, Ö.,** 2002, Et ürünleri işleme mühendisliği, Atatürk Üniversitesi, 30-220s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gönül, N.**, 2000, Çok Fazlı Sistemler II- Süspansiyon ve Emülsiyon Teknolojisi, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, 82, Ankara, 90s.
- Guraya, H. S., James, C.**, 2002, Deagglomeration Of Rice Starch-Protein Aggregates By High Pressure Homogenisation, *Starch*, 54:108–116.
- Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., Jimenez-Colmenero, F., 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*, 62, 5963-5971p.
- Hong, G.-P., Lee, S., & Min, S.-G.**, 2004, Effects of replacement for backfat with soybean oil on the quality characteristics of spreadable liver sausage. *Food Science and Biotechnology*, 13(1), 51-56p.
- Hongsprabhas, P., and Barbut, S.**, 1999, Use of cold-set whey protein gelation to improve poultry meat batters, *Poultry Science* 78: 1074–1078.
- Huang, J. C., Zayas, J. F., Bowers, J. A.**, 1999, Functional properties of sorghum flour as an extender in ground beef patties, *Journal of Food Quality*, 22(1), 51–61.
- Huffman, D. L., Egbert, W. R.**, 1990, Chemical analysis and sensory evaluation of the developed lean ground beef products. In *Advances in Lean Ground Beef Production*. Alabama Agric. Ex. Sta. Bull. No 606. Auburn University, Alabama, USA.
- Hughes, E., Confrades, S., Troy, D.J.**, 1997, Effects Of Fat Level, Oat Fibre And Carrageenan On Frankfurters Formulated With 5, 12 And 30% Fat, *Meat Science*, 45 (3), 273–281p.
- Hultin, O., Decker, E.A., Kelleher, S.D. and Osinchak, J.E.**, 1992, Control of lipid oxidation processes in minced fatty fish, Bligh E.G. (Ed.), *Seafood Science and Technology*, Fishing News Books, Oxford, 93–100p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hygreeva, D., Pandey, M.C., Radhakrishna, K.,** 2014, Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products, *Meat Science*, 98, 47-57p.
- Jacobsen, C., Undeland, I., Storrø, I., Rustad, T., Hedges, N., and Medina, I.,** 2008, Preventing lipid oxidation in seafood, in *Improving Seafood Products for the Consumer*. In T. Borresen (Ed.), *Improving seafood products for the consumer* (pp. 426–460). Cambridge:Woodhead Publishing.
- Jafari, S.M., He, Y., Bhandari, B.,** 2006, Nano-Emulsion Production By Sonication And Microfluidization- A Comparison, *International Journal of Food Properties*, 9(3),475-485p.
- Jafari, S.M., He, Y., Bhandari, B.,** 2007, Optimization Of Nano-Emulsions Production By Microfluidization, *Eur. Food. Res. Technol.*, 225,773-741p.
- Jimenez- Colmenero, F.,** 2013, Potential applications of multiple emulsions in the development of healthy and functional foods, *Food Research International* 52; 64–74p.
- Jiménez Colmenero, F., Herrero, A., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C.,** 2012, Meat and functional foods. In Y. H. Hui (Ed.), *Handbook of meat and meat processing* (pp. 225–248) (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press. Taylor & Francis Group.
- 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: 567-578p.
- Jimenez-Colmenero, F., Carballo, J. and Cofrades, S.,** 2001, Healthier meat and meat products: their role as functional foods, *Meat Science*, 59:5-13p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jiménez-Colmenero, F., Herrero, A., Pintado, T., Solas, M.T., Ruiz-Capillas, C.,** 2010, Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters, *Food Research International*, 43: 2068-2076p.
- Jiménez-Colmenero, F., Salcedo-Sandoval, L., Bou, R., Cofrades, S., Herrero, A. M., 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: 177-188p.
- Karabıyıköğlu, M., Keser, G., Nacak, B., Serdaroglu, M.,** 2016. Effects of partial beef fat replacement with gelled emulsion on functional and quality properties of chicken patties, 2nd Food Structure Design Congress (FSD), 26-28 October, Antalya, Turkey.
- Karabıyıköğlu, M., Serdaroglu, M.,** 2017, Et Ürünleri Formülasyonlarında emülsifiye edilmiş yağların kullanımı, *Akademik Gıda*, 15(1): 95- 102.
- Karakaya, M.,** 1990, Farklı tür organ etlerinin bitkisel ve değişik hayvansal yağlar ile oluşturdukları emülsiyonların çeşitli özelliklerinin model sistemde araştırılması, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karakaya, M.,** 1996, Bildircin ve pekin ördeği etlerinin emülsiyon özellikleri üzerine farklı yağ sıcaklıklarının etkisinin model sistemde tesbiti, *Gıda*, 21:75-81s.
- Kayaardı, S., Gök, V.,** 2004. Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). *Meat Science*, 66, 249–257p.
- Keenan, D.F., Resconi, V.C., Kerry, J.P., Hamill, R.M.,** 2014. Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach, *Meat Science*, 96: 1384-1394p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kentish, S., Wooster, T. J., Ashokkumar, M., Balachandran, S., Mawson, R., Simons, L.,** 2008, The Use Of Ultrasonics For Nanoemulsion Preparation, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(2),170–175.
- Ker, Y.C., and Toledo, R.T.,** 1992, Influence of shear treatments on consistency and gelling properties of whey protein isolate suspensions, *Journal of Food Science*, 57(1), 82–86p.
- Khayat, A. and Schwall, D.,** 1983, Lipid Oxidation in Seafood. *Food Technology*, 7,130-139.
- Kurt, S. and Zorba, Ö.,** 2005, The effects of different levels of non-fat dry milk and whey powder on emulsion capacity and stability of beef, chicken and turkey meats, *International Journal of Food Science and Technology*, 40:509–516p.
- Kwon, S.S., Nam, Y.S., Lee, J.S., Ku, B. S., Han, S. H., Lee, J.Y., Chang, I.S.,** 2002,Preparation and Characterization of Coenzyme Q10-loaded PMMA Nanoparticles by a New Emulsification Process Based on Microfluidization, *Colloids And Surfaces A: Physicochemical And Engineering Aspects*, 210, 95-104p.
- Ladikos, D.,and Lougovois, V.,**1990, Lipid oxidation in muscle foods: a review, *Food Chemistry*, 35, 295–314.
- Lam, R. S. H., Nickerson, M. T.** 2013, Food proteins: A review on their emulsifying properties using a structure–function approach’, *Food Chemistry* 141, 975–984p.
- Laouini, A., Fessi, H., Charcosset,** 2012, Membrane Emulsification: A Promosing Alternative For Vitamin E Encapsulation Within Nano-Emulsion, *Journal of Membrane Science*, 423-424: 85-96.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Li, P., Chiang, B.,** 2012, Process Optimization and Stability of D-limonene-In-Water Nanoemulsions Prepared by Ultrasonic Emulsification Using Response Surface Methodology, *Ultrasonics Sonochemistry*. 19,192-197p.
- Lobato-Calleros, C., Rodriguez, E., Sandoval-Castilla, O., Vernon-Carter, E.J., Alvarez-Ramirez, J.** 2006, Reduced-Fat White Fresh Cheese-Like Products Obtained From W1/O/W2 Multiple Emulsions: Viscoelastic And High-Resolution Image Analyses', *Food Research International*, 39,678-685p.
- Lobato-Calleros, C., Sosa-Pérez, A., Rodriguez-Tafoya, J., Sandoval-Castilla, O., Pérez-Alonso, C., Vernon-Carter, E.J.,** 2008, Structural And Textural Characteristics Of Reduced-Fat Cheese-Like Products From W1/O/W2 Emulsions And Skim Milk, *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), 1847-1856p.
- Lupi, F. R., Gabriele, D., Seta, L., Baldino, N., de Cindio, B.,** 2014, Rheological design of stabilized meat sauces for industrial uses. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116, 1734-1744p.
- Luruena-Martinez, M. A., Vivar-Quintana, A. M., Revilla, I.,** 2004, Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. *Meat Science*, 68(3), 383-389p.
- Mao, L., Xu, D., Yang, J., Yuan, F., Gao, Y., Zhao, J.,** 2009, Effects Of Small And Large Molecule Emulsifiers On The Characteristics Of B-Carotene Nanoemulsions Prepared By High Pressure Homogenization, *Food Technol. Biotechnol.*, 47, 336-342.
- Mason, T., Wilking, J., Meleson, K., Chang, C., Graves, S.,** 2006, Nanoemulsions: Formation, Structure, and Physical Properties, *J. Phys. Condens. Matter*, 18, 635-666p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mcclements, D. J.**,1999, Chap. 1 Context and Background. in food emulsions prenciples, practice and technics, CRC Press.
- Mcclements, D. J., Rao, J.**, 2011, Food-Grade Nanoemulsions: Formulation, Fabrication, Properties, Performance, Biological Fate, And Potential Toxicity, Critical Reviews In Food Science And Nutrition, 51(4),285–330.
- Mcclements, D.J.**, 2005, Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques, Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Mcclements, D.J.**,2010, Emulsion Design To Improve The Delivery Of Functional Lipophilic Components, Annu. Rev. Food Sci.Technol, 1,241-69p.
- McClements, D.J.**,2012, Advances in fabrication of emulsions with enhanced functionality using structural design principles, *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 17:235–245p.
- Mcclements, D.J., Decker, E.A. and Weiss, J.**, 2007, Emulsion-Based Delivery Systems For Lipophilic Bioactive Components, Journal of Food Science, 72:109-124p.
- Meullenet, J.-F., Chang, H. C., Carpenter, J. A. and Resurreccion, A. V. A.**, 1994, Textural properties of chicken frankfurters with added collagen fibers. Journal of Food Science, 59(4):729–733p.
- Miyaguchi, Y., Hayashi, Y. and Nagayama, K.**, 2004, Improvement of the gelling properties of meat emulsion gel by the addition of porcine sarcoplasmic proteins. Animal Science Journal, 75:161–168p.
- Morrissey, P. A., Sheehy, P. J., Galvin, K., Kerry, J.P. and Buckley, D. J.**, 1998, Lipid stability in meat and meat products, *Meat Science*, 49, S73–S86.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mottram, D. S.**, 1998, The chemistry of meat flavour. In F. Shahidi (Ed.), Flavor of meat, meat products, and seafoods (pp. 5–26). London: Blackie Academic and Professional.
- Muguerza, E., Gimeno, O., Ansorena, D. and Astisaran, I.**, 2004, New formulations for healthier dry fermented sausage, Review, *Trends in Food Science and Technology*, 15:452-457p.
- Muguerza, E., Gimeno, O., Ansorena, D., Bloukas, J. G., Astiasaran, I.**, 2001, Effect of replacing pork back fat with pre-emulsified olive oil on lipid fraction and sensory quality of Chorizo de Pamplona-A traditional Spanish fermented sausage. *Meat Science*, 59, 251–258p.
- Nakajima H, Tomomasa S., Okabe M.**, 1993, Proceedings of First World Emulsion Conference, 1. Paris: EDS, 1–11p.
- Nakajima, H.**, 1997, Microemulsions in cosmetics, Industrial applications of microemulsions, ed: Solans, C. and Kunieda, H., Marcel Dekker, New York, 175-197p.
- O'regan, J., Mulvihill, D. M.**, 2010, Sodium Caseinate-Maltodextrin Conjugate Stabilized Double Emulsions: Encapsulation And Stability, *Food Research International*, 43, 224-231p.
- Olmedilla-Alonso, B., Jiménez-Colmenero, F., Sánchez-Muniz, F.J.**, 2013., Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Science* 95: 919-930p.
- Oshodi, Aladesanmi A, and Ebun-oluwa Ojokan**, 1997, Effect of salts on some of the functional properties of bovine plasma protein concentrate, *Food Chemistry* 59(3): 333–338.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ospina-E, J. C., Cruz-S, A., Perez-Alvarez, J. A., Fernandez-Lopez, J.,** 2010, Development of combinations of chemically modified vegetable oils as pork backfat substitutes in sausages formulation, *Meat Science*, 84, 491-497p.
- Özdemir, S., Zorba, O ve Gökalp, H.Y.,** 1994, Yağsız süt tozu, süt tozu ve peynir altı suyunun emülsiyon özellikleri (in Turkish), *Doğa Tr. Agriculture and Forestry*, 18: 507-513s.
- Öztan, A.,** 2003, Et Bilimi ve Teknolojisi, düzeltilmiş ve geliştirilmiş 4. baskı. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Yayınları, Kitap serisi yayın no:1, Ankara, 495s.
- Öztürk, B., Urgu, M., Serdaroğlu, M.,** 2016, Egg white powder-stabilised multiple (water-in-olive oil-in-water) emulsions as beef fat replacers in model system meat emulsions, DOI 10.1002/jsfa.8012, (in press).
- Özvural, E.B., Vural, H.,** 2008, Utilization of interesterified oil blends in the production of frankfurters. *Meat Science* 78: 211-216s.
- Pappa, I.C., Bloukas, J.G., Arvanitoyannis, I.S.,** 2000, Optimization of salt, olive oil and pectin level for low-fat frankfurters produced by replacing pork backfat with olive oil. *Meat Science* 56: 81-88p.
- Paradiso, V. M., Giarnetti, M., Summo, C., Pasqualone, A., Minervini, F., Caponio, F.,** 2015. Production and characterization of emulsion filled gels based on inulin and extra virgin olive oil. *Food Hydrocolloids* 45: 30-40p.
- Pelser, M.W., Linssen, C.P.H., Legger, A., Houben, J.H.,** 2007, Lipid oxidation in n-3 fatty acid enriched Dutch style fermented sausages. *Meat Science* 75: 1-11p.
- Peter, G.J.,** 2009, Encapsulation Of Flavors In Emulsions For Beverages, *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.*, 14, 43-47p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Pintado, T., Herrero, A.M., Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Carmona, P., Jimenez-Colmenero, F.,** 2016a, Effects of emulsion gels containing bioactive compounds on sensorial, technological and structural properties of frankfurters. *Food Science and Technology International* 22: 132-145p.
- Pintado, T., Ruiz-Capillas, C., Jimenez-Colmenero, F., Carmona, P., Herrero, A. M.,** 2016b, Oil-in-water emulsion gels stabilized with chia (*Salvia hispanica* L) and cold gelling agents: technological and infrared spectroscopic characterization. *Food Chemistry* 185: 470-478p.
- Poyato, C., Ansorena, D., Berasategi, I., Navarro-Blasco, I., Astiasaran, I.** 2014, Optimization of a gelled emulsion intended to supply u-3 fatty acids into meat products by means of response surface methodology'', *Meat Science*, 98, 615-621p.
- Poyato, C., Astiasaran, 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 Sci.Technol.* 62, 1069-1075p.
- Poyato, C., Navarro-Blasco, I., Calvo, M. I., Caverio, R. Y., Astiasaran I., Ansorena, D.,** 2013, Oxidative stability of O/W and W/O/W emulsions: Effect of lipid composition and antioxidant polarity, *Food Res Int* 51: 132–140p.
- Rao, J., Julian, D., McClements, J.,** 2011, Food-Grade Microemulsions, Nanoemulsions And Emulsions: Fabrication From Sucrose Monopalmitate & Lemon Oil, *Food Hydrocolloids*, 25,1413-1423.
- Rawdkuen, S., Benjakul, S., Visessanguan, W., and Lanier, T. C.,** 2004, Chicken plasma protein affects gelation of surimi from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). *Food Hydrocolloids*, 18(2):259–270p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ruíz, J.**, 2007, Ingredients. In F. Toldrá (Ed.), Handbook of fermented meat and poultry (pp. 59–76). Ames: Blackwell Publishing.
- Salcedo-Sandoval, L., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Matalanis, A., McClements, J., Decker, E. A.**, 2015, Oxidative stability of n-3 fatty acids encapsulated in filled hydrogel particles and of pork meat systems containing them. *Food Chemistry*, 184: 207-213p.
- Salcedo-Sandoval, L., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Matalanis, A., McClements, J., Decker, E. A.**, 2015, Oxidative stability of n-3 fatty acids encapsulated in filled hydrogel particles and of pork meat systems containing them. *Food Chemistry*, 184: 207-213p.
- Salcedo-Sandoval, L., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Solas, M. T., Jimenez-Colmenero, F.**, 2013, Healthier oils stabilized in konjacmatrix as fat replacers in n-3 PUFA enriched frankfurters. *Meat Science*, 93: 757-766p.
- Samejima, K., Ishioroshi, M. and Yasui, T.**, 1982, Heat-induced gelling properties of actomyosin. Effect of tropomyosin and troponin, *Agric. Biol. Chem.*, 46:535p.
- Sample, S.**, 2013, Oxidation and antioxidants in fish and meat from farm to fork. In I. Muzzalupo (Ed.), Food industry (pp. 114–144). Croatia: InTech Publishing.
- Sanguansri, P., Augustin, M.A.**, 2006, Nanoscale Materials Development - A Food Industry Perspective, *Trends Food Sci. Technol.*, 17,547-556p.
- Serdaroğlu, M. and Değirmencioglu, Ö.**, 2004, Effects of fat level (5%, 10%, 20%) and corn flour (0%, 2%, 4%) on some properties of Turkish type meatballs (koefte), *Meat Science*, 68: 291–296s.
- Serdaroğlu, M.**, 2006, Improving low fat meatball characteristics by adding wheypowder, *Meat Science*, 72(1), 155–163p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Serdaroğlu, M.**, 2009, Et ve Et Ürünleri Teknolojisi Ders Notları, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir.
- Serdaroğlu, M., Abdramov, K. And Önenç, A.**, 2006, The effects of marinating with citric acid solutions and grapefruit juice on cooking and eating quality of turkey breast Engineering Faculty Food Engineering Department Agricultural Faculty Animal Science Department Ege University 35100 Bornova, I'zmir, Turkey Accepted for Publication May 19.
- Serdaroğlu, M., Nacak, B., Karabıykoğlu, M.**, 2017. Effects of Beef Fat Replacement with Gelled Emulsion Prepared with Olive Oil on Quality Parameters of Chicken Patties. *Korean J. Food Sci. An.* 37(3): 376-384p.
- Serdaroğlu, M., Nacak, B., Karabıykoğlu, M., Keser, G.**, 2016a. 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 Resource* 36(6): 744-751s.
- Serdaroğlu, M., Öztürk, B., Kara, A.**, 2015, An overview of food emulsions: description, classification and recent potential applications. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 3(6):430-438p.
- Serdaroğlu, M., Öztürk, B., Urgu, M.**, 2016b. Emulsion characteristics, chemical and textural properties of meat systems produced with double emulsions as beef fat replacers. *Meat Science* 117: 187-195.
- Serdaroğlu, M., Yıldız-Turp, G., Abrodinov, K.**, 2005, Quality of low-fat meatballs containing legume flours as extenders. *Meat Science*, 70(1), 99–105s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Shahidi, F.**, 1994. Assessment of lipid oxidation and off-flavour development in meat and meat products. In Flavor of meat and meat products (pp. 247-266). Springer US.
- Shakeel, F., Baboota, S., Ahuja, A., Ali, J., Shafiq, S.**, 2008, Accelerated Stability Testing Of Celecoxib Nanoemulsion Containing Cremophor-El. Afr. J. Pharm. Pharmacol. 2,179-183.
- Solans, C., Izquierdo, P., Nolla, J., Azemar, N., Garcia-Celma, M.J.**, 2005, Nano-Emulsions, Current Opinion in Colloid&Interface Science, 10,102-110p.
- Solans, C., Solé, I.**, 2012, Nano-emulsions: Formation by Low-Energy Methods, Current Opinion In Colloid&Interface Science, 17,246-254.
- Sorensen, A., Nielsen, N., Decker, E., Let, M., Xu, X., Jacobsen, C.**, 2011, The efficacy of compounds with different polarities as antioxidants in emulsions with omega-3 lipids. Journal of the American Oil Chemists' Society, 88(4), 489–502.
- SPSS**, 2011, SPSS Statistical package for windows, ver. 20.0, Chicago,IL: SPSS Inc.
- Stevens, P.**, 2010, Food stabilizers, thickeners and gelling agents. In: Gelatine. Imeson, A. (Ed.), Wiley-Blackwell, West Sussex, pp, 116-143.
- Swientek, R.J.**,1990‘Microfluidizing’ Technology Enhances Emulsion Stability, Food Processing, 152-153.
- Tadros, T., Izquierdo, P., Esquena, J., Solans, C.**, 2004, Formation And Stability Of Nano- Emulsions, Adv. Colloid Interface Sci., 108-10,303-318p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Thompson, A.K., Singh, H.**, 2006, Preparation Of Liposomes From Milk Fat Globule Membrane Phospholipids Using A Microfluidizer, *J. Dairy Sci*, 89,410-419.
- Triki, M., Herrero, A. M., Rodriguez- Salas, L.,Jimenez- Colmenero, F., Ruiz_ Capillaz, C.**, 2013, Chilled storage characteristics of low-fat, n-3 PUFA-enriched dry fermented sausage reformulated with a healthy oil combination stabilized in a konjac matrix, *Food Control* 31:158-165p.
- Ulu, H.**, 2005, Hindi etinden sürülebilir et üretimi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Urgu, M.**,2013, Yağı azaltılmış sosislerde su içinde findik yağı emülsiyonu ve findik tozu kullanımının araştırılması tasarımı, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, GıdaMühendisliği Yüksek Lisans Tezi 0-159s.
- Valencia, I., Ansorena, D., Astiasaran, I.**, 2006a, Stability of linseed oil and antioxidants containing dry fermented sausages: A study of the lipid fraction during different storage conditions. *Meat Science*, 73: 269-277p.
- Valencia, I., Ansorena, D., Astiasaran, I.**, 2006b, Nutritional and sensory properties of dry fermented sausages enriched with n- 3 PUFAs. *Meat Science* 72: 727-733p.
- Valencia, I., O’Grady, M. N., Ansorena, D., Astiasaran, I., Kerry, J. P.** 2008, Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants, *Meat Science* 80: 1046–1054p.
- Vural, H.**, 2003, Effect of replacing beef fat and tail fat with interesterified plant oil on quality characteristics of Turkish semi-dyr fermented sausages, *European Food Research and Technology*, 217:100-103p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Vural, H., Javidipour, I., Ozbas, O.O.,** 2004, Effects of interesterified vegetable oils and sugar beet fiber on the quality of frankfurters. *Meat Science* 67: 65-72s.
- Wang, X., Jiang, Y., Wang, Y., Huang, M., Ho, C.T., Huang, Q.,** 2008, Enhancing Anti- Inflammation Activity Of Curcumin Through O/W Nanoemulsions, *Food Chem.*,108,419-424.
- Wedzicha, B.L, Dickinson, E. and Stainsby, G.,** 1988, Distribution of low molecular-weight food additives in dispersed systems, *Advances in food emulsions and foams*, Royal Society of Chemistry, 329–371p.
- Whitesides, G.M., Grzybowski, B.,** 2002, Self-Assembly At All Scales, *Science*, 295,2418-26.
- 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*, 35:582–585p.
- Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V, Campo, M. M., Kasapidou, E and Enser, M.,** 2003, Effects of fatty acids on meat quality : a review. *Meat Science*, 66:21–32p.
- Xia, H., Zhang, C., Wang, Q.,** 2001, Study On Ultrasonic Induced Encapsulating Emulsion Polymerization In The Presence Of Nanoparticles, *Journal of Applied Polymer Science*, 80(8),1130–1139p.
- Xiong, G., Wang, P., Zheng, H., Xu, X., Zhu, Y., Zhou, G.,** 2016, Effects of plant oil combinations substituting pork back-fat combined with preemulsification on physicochemical, textural, microstructural and sensory properties of spreadable chicken liver pate. *Journal of Food Quality* 39(4):331-341p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Xu, Y., Liu, H., Ma, L., Yan, Q.,** 2011, Effect Of Corn Oil $W_1/O/W_2$ Multiple Emulsions On Quality Of Low-Fat Mozzarella Cheese, 5th International Conference On Bioinformatics And Biomedical Engineering, ICBBE 2011, art. no. 5780129.
- Yıldız-Turp, G., Serdaroğlu, M.,**2008, Effect of replacing beef fat with hazelnut oil on quality characteristics of sucuk e a Turkish fermented sausage. *Meat Science*, 78(4), 447-454p.
- Zetzl, A. K., Marangoni, A. G., Barbut, S.,** 2012, Mechanical properties of ethylcellulose oleogels and their potential forsaturated fat reduction in frankfurters. *Food & Function*, 3:327-337p.
- Zhang, J.,**2011, Novel Emulsion-Based Delivery Systems, PhD Thessis University of Minnesota University.
- Ziegler, G. R. and Acton, J. C.,**1984, Mechanisms of gel formation by proteins of muscle tissue. *Food Technology*(May), 77–82p.
- Zorba, Ö. and Kurt, S.,**2008, The effects of different plant oils on some emulsion properties of beef, chicken and turkey meats, *International Journal of Food Science and Technology*, 43:229–236s.
- Zorba, Ö. and Kurt, Ş.,** 2006, Optimization of emulsion characteristics of beef, chicken and turkey meat mixtures in model system using mixture design, *Meat Science*, 73:611-618s.
- Zorba, Ö., Gökalp, H.Y., Yetim, H. and Ockerman H.W.,** 1993, Salt phosphate and oil temperature effects on emulsion capacity of fresh or frozen meat and sheep tail fat, *Journal of Food Science*, 58(3):492-496s.
- Zorba, Ö., Kurt, Ş., and Gençcelep, H.,** 2005, The effects of different levels of skim milk powder and whey powder on apparent yield stress and density of different meat emulsions. *Food Hydrocolloids*, 19(1): 149–155s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Zotos, A., Hole, M. and Smith, G., 1995, The effect of frozen storage of mackerel (*Scomber scombrus*) on its quality when hot-smoked, *J. Sci. Food Agric.*, 67:43–48p.



ÖZGEÇMİŞ

Merve KARABIYIKOĞLU 15.04.1989 tarihinde Aydın’ da doğmuştur. Lise öğrenimini 2007 yılında Adnan Menderes Anadolu Lisesi’nde tamamlamış, aynı yıl Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitime başlamıştır. 2012 yılında Gıda Mühendisi olarak mezun olmuş ve bir süre kalite mühendisi olarak özel sektörde çalışmıştır. 2014 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği ABD Et Teknolojisi Bilim Dalı’nda yüksek lisans eğitime başlamıştır.

EKLER

Ek 1. Deneme- Igrubu örneklerine ait ANOVA tabloları

Ek 2. Deneme- IIgrubu örneklerine ait ANOVA tabloları



Ek 1.1. Deneme-I O/W jel emülsiyonlarının pH değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	0.027	2	0.014	557.199	0.000
Gruplar içinde	0.000	9	0.000		
Toplam	0.028	11			

Ek 1.2. Deneme-I hamur örneklerinin nem miktarlarına ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	20.148	4	5.037	5.021	0.018
Gruplar içinde	10.032	10	1.003		
Toplam	30.180	14			

Ek 1.3. Deneme-I hamur örneklerinin yağ miktarlarına ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	9.269	4	2.317	41.007	0.000
Gruplar içinde	0.565	10	0.057		
Toplam	9.834	14			

Ek 1.4. Deneme-I hamur örneklerinin protein miktarlarına ait ANOVA tablosu

	Kareler	SD	Kareler	F değeri	p değeri
--	---------	----	---------	----------	----------

	Toplamı		Ortalaması		
Gruplar arasında	6.103	4	1.526	21.608	0.000
Gruplar içinde	0.706	10	0.071		
Toplam	6.809	14			

Ek 1.5. Deneme-I hamur örneklerinin kül miktarlarına ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	0.008	4	0.002	3.068	0.069
Gruplar içinde	0.06	10	0.001		
Toplam	0.14	14			

Ek 1.6. Deneme-I son ürün örneklerinin nem miktarlarına ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	26.637	4	6,659	32,281	0.000
Gruplar içinde	2.063	10	0.206		
Toplam	28.095	14			

Ek 1.7. Deneme-I son ürün örneklerinin protein miktarlarına ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	4.599	4	1.150	336.872	0.000
Gruplar içinde	0.034	10	0.003		

çinde

Toplam 4.634 14

Ek 1.8. Deneme-I son ürün örneklerinin yağ miktarlarına ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar	21.273	4	5.318	62.176	0.000
arasında					
Gruplar	0.855	10	0.086		
çinde					
Toplam	22,128	14			

Ek 1.9. Deneme-I son ürün örneklerinin kül miktarlarına ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar	0.030	4	0.007	0.684	0.619
arasında					
Gruplar	0.109	10	0.011		
çinde					
Toplam	0.139	14			

Ek 1.10. Deneme-I örneklerinin su tutma kapasitesi değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar	2.737	4	0.684	5.638	0.012
arasında					
Gruplar	1.214	10	0.121		
çinde					
Toplam	3.951	14			

Ek 1.11. Deneme-I örneklerinin su tutma kapasitesi değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	132.832	4	33.208	71.056	0.000
Gruplar içinde	4.673	10	0.467		
Toplam	137.505	14			

Ek 1.12. Deneme-I örneklerinin ayrılan jel ve yağ değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	241.314	4	60.328	14.629	0.000
Gruplar içinde	41.239	10	4.124		
Toplam	282.552	14			

Ek 1.13. Deneme-I örneklerinin toplam uzaklaşan sıvı değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	129.463	4	32.366	19.017	0.000
Gruplar içinde	17.019	10	1.702		
Toplam	146.482	14			

Ek 1.14. Deneme-I örneklerinin toplam uzaklaşan yağ değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	0.108	4	0.027	1.072	0.420
Gruplar içinde	0.252	10	0.025		
Toplam	0.360	14			



Ek 2. Deneme- II grubu örneklerine ait ANOVA tabloları

Ek 2.1. Deneme- II W/O/W emülsiyon örneklerinin pH değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	0.002	2	0.001	3.075	0.096
Gruplar içinde	0.003	9	0.000		
Toplam	0.005	11			

Ek 2.2. Deneme- II hamur örneklerinin nem değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	4.859	4	1.215	2.167	0.146
Gruplar içinde	5.606	10	0.561		
Toplam	10.465	14			

Ek 2.3. Deneme- II hamur örneklerinin yağ değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	8.914	4	2.229	11.007	0.001
Gruplar içinde	2.025	10	0.202		
Toplam	10.939	14			

Ek 2.4. Deneme- II hamur örneklerinin protein değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	3.297	4	0.824	44.741	0.000
Gruplar içinde	0.184	10	0.018		
Toplam	3.482	14			

Ek 2.5. Deneme- II hamur örneklerinin kül değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	0.005	4	0.001	0.476	0.703
Gruplar içinde	0.025	10	0.003		
Toplam	0.031	14			

Ek 2.6. Deneme- II örneklerinin nem değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	13.565	4	3.391	23.454	0.000
Gruplar içinde	1.446	10	0.145		
Toplam	15.011	14			

Ek 2.7. Deneme- II örneklerinin yağ değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	0.023	4	0.006	20.767	0.000

Gruplar	0.003	10	0.000
içinde			
Toplam	0.005	14	

Ek 2.8. Deneme- II örneklerinin protein değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar	2.165	4	0.541	122.989	0.000
arasında					
Gruplar	0.044	10	0.004		
içinde					
Toplam	2.209	14			

Ek 2.9. Deneme- II örneklerinin kül değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar	0.067	4	0.017	11.135	0.001
arasında					
Gruplar	0.015	10	0.001		
içinde					
Toplam	0.082	14			

Ek 2.10. Deneme- II örneklerinin su tutma kapasitesi değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar	1.681	4	0.420	7.883	0.004
arasında					
Gruplar	0.533	10	0.053		
içinde					

Toplam	2.214	14
--------	-------	----

Ek 2.11. Deneme- II örneklerinin pişme kaybı değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	17.506	4	4.376	61.978	0.000
Gruplar içinde	0.706	10	0.071		
Toplam	18.212	14			

Ek 2.12. Deneme- II örneklerinin ayrılan jel ve yağ değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	38.290	4	9.573	3.259	0.059
Gruplar içinde	29.377	10	2.938		
Toplam	67.667	14			

Ek 2.13. Deneme- II örneklerinin toplam uzaklaşan sıvı değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	1.863	4	0.468	1.009	0.448
Gruplar içinde	4.640	10	0.464		
Toplam	6.513	14			

Ek 2.14. Deneme- II örneklerinin toplam uzaklaşan yağ değerlerine ait ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
Gruplar arasında	0.108	4	0.27	1.072	0.420
Gruplar içinde	0.252	10	0.25		
Toplam	0.360	14			