

## Et Ürünleri Formülasyonlarında Emülsifiye Edilmiş Yağların Kullanımı

Merve Karabıyıkoglu, Meltem Serdaroglu ✉

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 18.01.2017, Kabul Tarihi (Accepted): 31.03.2017

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): meltem.serdaroglu@ege.edu.tr (M. Serdaroglu)

☎ 0 232 311 13 14 📠 0 232 342 75 92

### ÖZ

Daha sağlıklı et ürünleri formülasyonları geliştirilmesi son yıllarda tüketici talepleri doğrultusunda ilgi görmektedir. Az yağlı, yağ asidi profili değiştirilmiş fonksiyonel katkıları içeren et ürünlerinin geliştirilmesinde reformülasyon stratejileri en önemli uygulamalardandır. Yağın emülsifiye edilerek kullanılmasıyla uygulanan reformülasyon stratejileri, yağ ve kolesterol miktarının azaltılması, yağ asidi profilininin geliştirmesi gibi üç temel hedefe yöneliktir. Basit emülsiyonlar et ürünlerinde yaygın olarak kullanılmasına rağmen yenilikçi yaklaşımlar olarak jel ve çok katlı emülsiyonlar birçok avantaj sağlamaktadır. Jel emülsiyonlarda emülsiyonun hidrojel yapı içerisinde tutulması ile teknolojik kalite açısından da daha stabil ürün eldesi mümkün olabilmektedir. Çoklu emülsiyonlar karmaşık yapıları sebebiyle jel emülsiyonlara oranla daha düşük stabilite göstermesine rağmen, yağın azaltılmasına daha fazla olanak sağlaması ve biyoaktif katkıların enkapsülasyonu, formülasyona eklenebilecek antioksidanın et matriksinde daha iyi tutulması gibi çeşitli avantajlara sahiptir. Jel ve çok katlı emülsiyonlar gıda endüstrisi açısından yenilikçi yaklaşımlar olmakla birlikte, et ürünlerinde kullanımı konusunda kısıtlı çalışma bulunmaktadır. Bu derlemede et ürünlerinde kullanılan emülsiyon türleri ve et endüstrisinde uygulanabilirliği hakkında bilgiler sunulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Emülsiyon, Jel emülsiyon, Çoklu emülsiyon, Et ürünleri

### Uses of Emulsified Lipid Phases in Meat Product Formulations

#### ABSTRACT

In recent years there has been growing consumer interest towards healthier meat products. Reformulation is one of the most important approaches for the development of meat products containing functional and low-fat additives with modified fatty acid profile. Three main goals related to the improvement of fat content using meat reformulation strategies by structured emulsions (simple, gelled and double emulsions) are reduction of total fat, cholesterol and modification of fatty acid profiles. Gel emulsions, a recent technique in formulation of healthier meat products, are systems created through stabilizing of an emulsion in a hydrogel structure. Multiple emulsions present novel approaches in carrying of bioactive compounds and/or reduction of fat in food industry. O/W gel and  $W_1/O/W_2$  multiple emulsions are brand new delivery systems for food industry and so, except a very few research, their utilization in industrial meat products has not been studied extensively. This review provides information on the types of lipid emulsions used in meat products and their applicability in meat industry.

**Keywords:** Emulsion, Gelled emulsion, Double emulsion, Meat products

#### GİRİŞ

Son yıllarda tüketicilerin gıdaları besleyici özelliklerinin yanı sıra sağlık üzerine olan etkilerini de göz önüne

olarak değerlendirmeleri gıda endüstrisinde alternatif fonksiyonel gıda formülasyonları geliştirme konusundaki çalışmaların hız kazanmasına yol açmaktadır. Et endüstrisinde daha sağlıklı formülasyonların

geliştirilmesi konusundaki çalışmalar; yağ, kolesterol ve tuz miktarının azaltılması, yağ asidi profilinin değiştirilmesi, biyoyararlılığın artırılması, prebiyotik ve probiyotikler, vitaminler, mineraller ve doğal antioksidanlar gibi katkıların kullanılması konularında yoğunlaşmıştır [1]. Toplam yağ miktarının azaltılması, doymuş yağ asitleri ve kolesterol miktarının azaltılması yağ modifikasyon teknikleri ile mümkün olabilmektedir [2-4].

Yağ et ürünlerinde görünüm, lezzet, tekstür, ağız hissi, sululuk ve ısı transferi gibi birçok parametre üzerinde etkili olmaktadır [2, 4, 5]. Yağın miktarının azaltılması, ürünün kabul edilebilirliğini yüksek oranda etkilemektedir [6, 7]. Et ürünlerinde toplam kaliteyi etkilemeksizin yağ miktarını azaltmak amacıyla çeşitli yaklaşımlar ortaya konulmaktadır. Bunlar içerisinde nispeten yağsız hammadde kullanılması, eklenen su miktarının artırılması, yağ ikamesi olarak ve formülasyondaki fazla suyu absorbe edebilmek amacıyla bitkisel ve hayvansal kaynaklı çeşitli protein ve polisakkaritlerin kullanılması, yağın emülsifiye edilerek kullanılmasıyla formülasyonda yağ miktarının seyreltilerek azaltılmasıdır örnek olarak verilebilir [4]. Et ürünlerinde yağ kaynağı olarak, bitkisel ve/veya hayvansal yağlar ile hazırlanan emülsiyonların kullanılması yağ miktarının azaltılması ve yağ asitleri modifikasyonuna olanak sağlamaktadır [4].

Genel anlamda "emülsiyon", birbiriyle karışmayan iki sıvıdan (genellikle yağ ve su) birinin diğeri içerisinde küçük damlacıklar halinde dağılmasıyla oluşan yapı olarak tanımlanmaktadır. Gıda emülsiyonlarının çoğu emülsiyon içerisinde damlacık oluşturan faz (kesikli faz), damlacıkları çevreleyen faz (sürekli faz) ve ara yüzey olmak üzere farklı fizikokimyasal özelliklere sahip üç bölgede oluşmaktadır [8]. Emülsiyonlar sürekli ve kesikli fazlarına göre yağ içinde-su emülsiyonları (W/O) ve su içinde-yağ emülsiyonları (O/W) olmak üzere basit emülsiyonlar ve su içinde-yağ içinde-su ( $W_1/O/W_2$ ) ve yağ içinde-su içinde -yağ ( $O_1/W/O_2$ ) çoklu emülsiyonları olmak üzere iki ana grupta toplanmaktadır [8]. Bu derlemede et ürünlerinde kullanılan emülsiyon türleri ve et endüstrisinde uygulanabilirliği hakkında genel bir bakış açısı sunulmaktadır.

## ET ÜRÜNLERİNDE EMÜLSİFİYE YAĞLARIN KULLANILMASI

Daha sağlıklı et ürünleri üretiminde yağ ve kolesterol miktarının azaltılması ile yağ asidi profilinin değiştirilmesi temel stratejilerdendir. Yağın ürün formülasyonundaki oranının azaltılması ve yağ asidi profilinin değiştirilmesi doymamış yağ asitlerince zengin bitkisel yağların emülsifiye edilerek kullanımıyla mümkün olabilmektedir [3]. Emülsifiye edilmiş yağ kaynaklarının kullanımıyla bitkisel yağların doğrudan formülasyona eklenmesiyle üretim sırasında oluşabilecek teknolojik kalite problemlerinin önlenemesinin yanı sıra et ürünlerinin oksidatif kararlılığının da artırılabilmesi sağlanabilmektedir. Hayvansal ya da bitkisel yağların protein ve/veya karbonhidrat bazlı emülgatörler 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 lipid oksidasyonu da yavaşlatılabilmektedir. Et ürünlerinde emülsifiye edilmiş yağların kullanımıyla az yağlı, yağ asidi kompozisyonu değiştirilmiş, daha sağlıklı et ürünlerinin üretimi gerçekleştirilebilmektedir [2]. 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 [9-11]. Et ürünlerinde hayvansal yağın emülsifiye yağlar ile ikamesinde basit (O/W) emülsiyonlar [10, 12, 13], jel emülsiyonlar [11, 14] ve çok katlı ( $W_1/O/W_2$ ) emülsiyonlar [9, 15, 16] konusunda yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

## Et Ürünlerinde Basit Emülsiyonların Kullanılması

Yapılan çeşitli çalışmalarda emülsifiye et ürünleri formülasyonlarında yağ miktarı ve doymuş yağ asitleri oranının azaltılması amacıyla bitkisel yağlar (fındık, mısır, ayçiçek, soya ve zeytinyağı vb.) ile hazırlanan emülsiyonların kullanılabileceği, bu sayede yağ miktarının azaltılmasıyla ortaya çıkan kalite problemlerinin önlenerek duyu kalitenin geliştirilmesinin mümkün olabileceği çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur [17-21].

Basit emülsiyonların kullanımıyla et ürünlerinde doymamış yağ asitleri oranının artırılması sağlanırken, beslenme otoritelerince önerilen  $n-6/n-3$  oranının azaltılması mümkün olabilmektedir. Kuru fermente sosislerde keten tohumu yağı ve soya protein izolatu ile hazırlanan O/W emülsiyonu kullanılarak üründeki doymamış yağ asitleri miktarı artırılırken; soya proteini ve balık yağı ile hazırlanan O/W emülsiyonların kullanımıyla  $n-6/n-3$  oranının 2.97'ye düşürülmesi sağlanmıştır [22, 23]. Fermente sosislerde keten tohumu/kanola yağı ve sodyum kazeinat içeren O/W emülsiyonu kullanılarak  $n-6/n-3$  oranında azalma sağlanırken, keten tohumu yağı içeren örneklerde 45 günlük depolama sonrasında TBA değeri belirgin artış gözlenmiştir [24]. 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, yapılan çalışmada emülsiyon formülasyonuna antioksidan eklenmesinin lipid oksidasyonunun yavaşlatılmasında etkili olduğu bulgulanmıştır [25].

Et ürünlerinde yağın doğrudan azaltılması ve bitkisel kaynaklı yağ kullanımı sonucu oluşabilecek teknolojik ve duyu kalite problemleri önceden emülsifiye edilmiş O/W emülsiyonların kullanımıyla kısmen önlenilmekte 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 duyu parametreler etkilenmeden yağ ve su bağlama kapasitesi daha yüksek olan ürünler geliştirilmiştir [26]. Model sistem et emülsiyonlarına üzüm çekirdeği ve soya yağı ile hazırlanan O/W emülsiyonun hayvansal yağ ile %30 oranında ikame edilmesiyle pişme kaybı artarken,

emülsiyon stabilitesinin azaltıldığı bildirilmiştir [27]. Yapılan bir çalışmada üzüm çekirdeği/ayçiçeği yağı ile hazırlanan O/W emülsiyonların %20'ye kadar hayvansal yağ ile ikame edildiğinde duysal parametrelerde olumsuz etki görülmediği vurgulanmıştır [28]. Dana sosislerinde hayvansal yağ yerine fındık yağı ve kazeinat içeren O/W emülsiyonların kullanımıyla dokuda

yumuşama saptanmıştır [13]. Tavuk ciğer ezmesinde ayçiçek/kanola yağı ve sodyum kazeinat ile hazırlanan O/W emülsiyonların kullanımıyla mikroyapının iyileştirilerek sürülebilirliğin artırıldığı ve pişirme kayıplarının azaltılabileceği bildirilmiştir [10]. Et ürünlerinde O/W emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar Tablo.1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Et ürünlerinde O/W emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar

Ürün	Uygulama	Bulgular	Kaynak
Kuru fermente sosis (chorizo)	Keten tohumu yağı + soya protein izolatu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yağ asidi profilinde değişim sağlamıştır.</li> <li>Emülsiyon kullanılan örneklerde depolama periyodu boyunca yağ oksidasyonu kontrol örneklerine yakın bulunmuştur.</li> </ul>	[22]
Kuru fermente sosis (chorizo)	Balık yağı + soya proteini	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emülsiyon kullanılan örneklerde n-6/n-3 oranı azaltılmıştır.</li> <li>Emülsiyon kullanılan örneklerde BHA ve BHT kullanımıyla oksidasyon yavaşlatılmıştır.</li> </ul>	[23]
Fermente sosis	Keten tohumu yağı/kanola yağı + sodyum kazeinat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keten tohumu yağı kullanılan örneklerde n-6/n-3 oranında azalma gözlenmiştir.</li> <li>45. günden itibaren keten tohumu yağı ön emülsiyonu kullanılan gruplarda TBARS, peroksit ve n-hegzanal değerlerinde belirgin artış saptanmıştır.</li> </ul>	[24]
Kuru fermente sosis (Chorizo)	Keten tohumu veya alg yağı + soya protein izolatu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emülsiyon kullanılan gruplarda n-6/n-3 oranı azaltılmıştır.</li> <li>Emülsiyonlarda doğal antioksidan kullanımı lipid oksidasyonunun engellenmesinde etkili olmuştur.</li> </ul>	[25]
Et emülsiyonu	Üzüm çekirdeği yağı + soya protein izolatu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emülsiyon kullanımı örneklerde nem, pH ve protein çözünürlüğünü arttırmıştır.</li> <li>Artan emülsiyon miktarı, pişirme verimi ve emülsiyon stabilitesini düşürmüştür.</li> </ul>	[27]
Dana sosis	Fındık yağı + kazeinat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emülsiyon kullanımı ile doymamış yağ asidi oranı artırılmıştır.</li> <li>Sosislerde emülsiyon stabilitesi ve su tutma kapasitesi yükselmiştir.</li> <li>Emülsiyon kullanımının dokuda yumuşamaya neden olduğu belirlenmiştir.</li> </ul>	[13]
Tavuk ciğeri ezmesi	Ayçiçek ve kanola yağı +sodyum kazeinat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emülsiyon kullanımı ile MUFA ve PUFA miktarı artırılmıştır.</li> <li>Mikro-yapının iyileşmesini sağlayarak sürülebilir özelliği arttırmış, pişirme kayıplarını azaltmıştır.</li> </ul>	[10]

### Et Ürünlerinde Jel Emülsiyonların Kullanılması

Jel emülsiyon sistemleri et ürünlerini de kapsayan sağlıklı gıda formülasyonlarının oluşturulmasında yenilikçi bir yaklaşımdır [29]. Jel emülsiyonlar; emülsiyon ve jel yapılarını bir arada bulduran kolloidal özellikte olmaları nedeniyle karmaşık bir yapıya sahip, ağ yapısı ile jel, mekanik özellikleri ile katı davranış gösteren sistemlerdir. 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 [30]. Jel emülsiyonlar iki basamaklı üretim süreciyle elde edilirler. Jel emülsiyon üretiminde başlangıç aşaması tipik olarak iç fazda proteinle stabilize edilen likit emülsiyon üretimini içerir. İkinci aşamada gerçekleştirilen jelleşme işlemi ise enzim uygulaması (transglutaminaz), asidifikasyon (soğuk jelleşme) ve sıcaklık uygulaması (sıcak jelleşme) gibi farklı

yöntemlerle sağlanabilmektedir. Sıcak jelleşme için bazı polisakaritler ve proteinler, soğuk jelleşme için ise polisakaritler, proteinler ve enzimler kullanılabilir [30]. Jel emülsiyonlar; ısıtma, enzim aktivasyonu ve asidifikasyon gibi prosesler ile yumuşak-katı bir materyale dönüşebilen protein bazlı O/W veya W/O emülsiyonlar olup; emülsiyonların fonksiyonel performansı O/W veya W/O emülsiyonlarının sürekli hidrojel faz içine yerleştirilmesiyle kontrol edilebilmekte ve bu yapı hidrojel emülsiyon matriksinin oluşumu ile sonlanmaktadır [31]. Isıl işlem, enzim uygulaması ve asitlendirme gibi yöntemlerle proteinler ile stabilize edilen jel emülsiyonların hazırlanmasında süt, soya ve yumurta kaynaklı proteinler kullanılabilirken; polisakaritlerle stabilize edilen jel emülsiyonların hazırlanmasında, aljinat (kalsiyum iyonları ilavesiyle), karragenan ve inülin gibi katkıları kullanılabilir [30, 32]. Et ürünlerinde O/W jel emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Et ürünlerinde O/W jel emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar

Ürün	Uygulama	Bulgular	Kaynak
Frankfurter sosis	Zeytinyağı, keten tohumu yağı ve balık yağı; soya protein izolatu, sodyum kazeinat ve mikrobiyal transglutaminaz (MTG) kullanılarak farklı formülasyonlardan oluşan O/W jel emülsiyonların domuz yağı yerine kullanılması	<ul style="list-style-type: none"> <li>Farklı oranlarda bitkisel ve hayvansal yağlar kullanılarak hazırlanan O/W jel emülsiyonlarının hayvansal yağ ile ikame edilmesinin raf ömrünü ve kaliteyi olumsuz etkilemediği tespit edilmiştir.</li> </ul>	[33]
Bologna salam	Keten tohumu yağının karragenan kullanılarak O/W jel emülsiyon halinde kullanılması	<ul style="list-style-type: none"> <li>Domuz yağının O/W jel emülsiyonla yer değiştirilmesi ile duysal özellikleri kontrol örnekleriyle eşdeğer, doymamış yağ asitlerince zengin ürün elde edilmiştir.</li> </ul>	[34]
Köfte	Ayçiçek yağı ve karragenan kullanılarak hazırlanan jel emülsiyonların %25, 50, 75 ve 100 oranında domuz yağı ikamesi olarak kullanımı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jel emülsiyon kullanılan örneklerde toplam yağ miktarı, kolesterol ve doymuş yağ asitleri miktarı azaltılmıştır.</li> <li>Jel emülsiyon içeren örneklerde, kontrol grubuna kıyasla lipid ve kolesterol oksidasyon ürünleri daha düşük bulunmuştur.</li> <li>Duysal özelliklerin kontrol örnekleri aynı olduğu tespit edilmiştir.</li> </ul>	[35]
Sosis	Balık yağının, MTG, sodyum kazeinat ve pektin kullanılarak O/W jel emülsiyon halinde domuz yağı ikamesi olarak kullanımı.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Örneklere yağ miktarının azaltıldığı saptanmıştır.</li> <li>Jel emülsiyon içeren örneklerde TBA değerleri, O/W emülsiyon içeren örneklere kıyasla daha düşük bulunmuştur.</li> </ul>	[11]
Frankfurter sosis	Domuz yağı yerine, zeytinyağı; chia tohum/unu, MTG, aljinat veya jelatin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonların kullanımı.	<ul style="list-style-type: none"> <li>O/W jel emülsiyonlar kullanılarak ürünün yağ miktarı %40 oranında azaltılmış, yağ asitleri kompozisyonu modifikasyonu gerçekleştirilmiştir.</li> <li>Jelatin içeren jel emülsiyon gruplarında örneklerin TBA değeri daha düşük bulunmuştur.</li> </ul>	[36]
Frankfurter sosis	Domuz yağı yerine, zeytinyağı; chia tohum/unu, MTG, aljinat veya jelatin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonların kullanımı	<ul style="list-style-type: none"> <li>O/W jel emülsiyonlarla hazırlanan ürünlerin oksidatif stabiliteyi yüksek bulunmuştur.</li> <li>Daha sağlıklı ve duysal özellikleri geliştirilmiş ürünler elde edilmiştir.</li> </ul>	[37]
Kuru Fermente Sosis	Keten tohumu yağı, karrageenan ile hazırlanan O/W jel emülsiyonun domuz yağı ikamesi olarak kullanımı	<ul style="list-style-type: none"> <li>%39.5 O/W jel ikamesi ile <math>\alpha</math>-linolenik asit miktarı artırılmıştır.</li> <li>O/W jel emülsiyon içeren örnekler oksidatif stabilite ve duysal özellikler bakımından kontrol örnekleri ile benzer bulunmuştur.</li> </ul>	[38]
Model Sistem et emülsiyonu	Zeytinyağı, inülin ve jelatin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonun sığır yağı ikamesi olarak kullanımı	<ul style="list-style-type: none"> <li>O/W jel emülsiyonun %50 oranına kadar sığır yağı ikamesi olarak kullanımıyla pişme veriminde artış gözlenirken, su tutma kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi değerleri kontrol örneklerinden farklılık göstermemiştir.</li> </ul>	[39]
Tavuk köfte	Zeytinyağı, inülin ve jelatin ile hazırlanan O/W jel emülsiyonun sığır yağı ikamesi olarak kullanımı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jel emülsiyon içeren örneklerde, O/W jel emülsiyonun %50 oranında sığır yağı ikamesi olarak kullanımıyla pişme verimi, su tutma kapasitesinde artış gözlenmiştir.</li> </ul>	[40]

Tabloda özetlendiği gibi jel emülsiyonların et ürünlerinde kullanımıyla ilgili az sayıda çalışma bulunmakla birlikte, bu çalışmalarda jelleştirici ajan olarak karragenan, jelatin, soya proteini izolatu ve sodyum kazeinat kullanımı konusunda yoğunlaşmıştır. Yağ kaynağı olarak jel emülsiyon kullanılarak yağ miktarının azaltılması ve çoklu doymamış yağ asitlerince zengin yağların kullanımıyla yağ asidi profilinin geliştirilmesinin yanı sıra [11, 36], oksidatif stabilite açısından yağ miktarının azaltılması ve jel emülsiyon kullanımıyla ilişkili

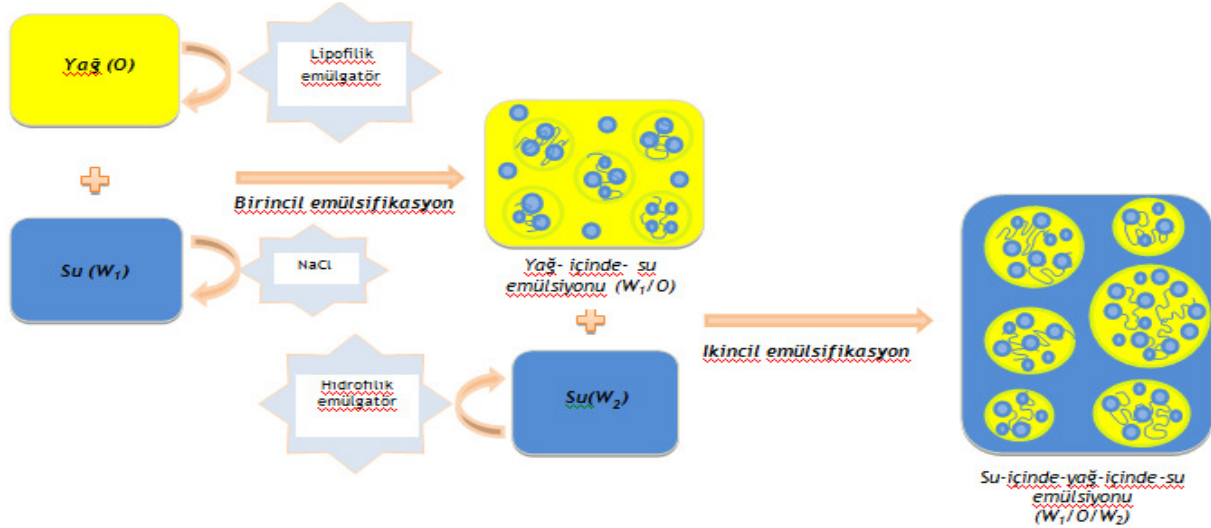
olarak O/W emülsiyonlara ve kontrole kıyasla TBA değeri daha düşük [11, 34], %50 oranında ikamesiyle teknolojik kalite açısından kontrole eşdeğer ürün eldesinin [34, 37] mümkün olduğu bulunmuştur.

#### Et Ürünlerinde Çok Katlı Emülsiyonların Kullanımı

Çoklu emülsiyonlar düşük termodinamik stabilite ile karakterize edilen, karmaşık dağılım gösteren sistemlerdir. Genel anlamda çoklu emülsiyon,

“emülsiyonun emülsiyonu” olarak tanımlanmakta olup; yağ içinde su (W/O) ve su içinde yağ (O/W) morfolojilerinin bir arada bulunduğu emülsiyonlardır. İki ana tipi bulunmakta olup;  $W_1/O/W_2$  (su içinde- yağ içinde- su) ya da  $O_1/W/O_2$  (yağ içinde-su içinde- yağ ) olarak ayrılabilir [41-43]. Tek katlı bir emülsiyonda yalnızca iki adet kütle fazı ve tek bir yağ-su ara yüzeyi vardır. Çoklu bir emülsiyonda ise üç ayrı kütle fazı ve iki adet yağ-su ara yüzeyi bulunmaktadır.  $W_1/O/W_2$  tipi bir emülsiyonda  $W_1$  iç su fazı ve  $W_2$  dış su fazını oluşturmaktadır.  $W_1-O$  tabakası iç su damlacıklarını çevrelemekte,  $O-W_2$  tabakası ise yağ damlacıklarını

çevrelemektedir [8]. Çoklu emülsiyonlarda iki çeşit ara yüzey bulunduğu için, formülasyonda tipik olarak iki ayrı emülgatör kullanılması gerekmektedir. Bunlardan bir tanesi iç damlacıkları (birincil emülsiyon), diğeri dış damlacıkları (ikincil emülsiyon) stabilize etmek için kullanılmaktadır [43, 44]. İçteki su damlacıklarını stabilize etmek için yağda çözünür özellikle bir emülgatör, yağ damlacıklarını stabilize etmek için ise suda çözünür özellikle bir emülgatöre ihtiyaç duyulmaktadır [8]. Çok katlı emülsiyonların iki basamaklı emülsifikasyon yöntemi ile oluşturulması Şekil 1’de gösterilmektedir [9].



Şekil 1. Çok katlı emülsiyonların iki basamaklı emülsifikasyon yöntemiyle hazırlanması [8]

Emülgatörler kullanılarak hazırlanan çok katlı emülsiyonlarda görülen asıl problem uzun süreli stabilize ve su salınımıdır. Çoklu emülsiyonların davranışları [45-47] ve gıdalarda kullanımı üzerine araştırmalar bulunmakta olup [48, 49];  $W_1/O/W_2$  emülsiyonların gıdalarda kullanımı; çeşitli aromaları, biyoaktif bileşikleri veya hassas gıda bileşenlerini enkapsüle etmek ve daha sağlıklı, yağı azaltılmış ürünlerin üretimine olanak sağlanması olmak üzere iki temel stratejiye dayanmaktadır [43, 44]. Yağı azaltılmış ürünlerde yağ yerine  $W_1/O/W_2$  çoklu emülsiyonları kullanılarak, standart yöntemlerle üretilmiş emülsifiye gıda ürünlerine eşdeğer duyu kalitede ürünlerin elde edilebileceği öngörülmektedir [43].  $W_1/O/W_2$  emülsiyonlarının aynı zamanda, dış fazda (sürekli faz) su içermesi nedeniyle ürünlerde lezzet hissini geliştirmesi [44] ve yağ oksidasyonunu önlemesi [50-52] gibi etkileri de belirtilmiştir. Et ürünlerinde çoklu emülsiyonların kullanımı sınırlı sayıda olup tablo 3’de özetlenmiştir.

Çoklu emülsiyonların et ürünlerinde kullanımıyla ilgili yapılan kapsamlı literatür taraması sonucunda kısıtlı sayıda çalışma olduğu görülmekte olup bu çalışmaların model sistem üzerine yoğunlaştığı, fermente et ürünlerinde çoklu emülsiyon kullanılan çalışma bulunmadığı gözlenmiştir. Bu çalışmalarda çoklu emülsiyon oluşturulma aşamasında emülsifiye edici ajan olarak sodyum kazeinat ve peynir altı suyu proteini üzerine yoğunlaştığı, antioksidan olarak HXT

kullanımının ise et matriksindeki proteinleriyle etkileşimi sonucunda iç su yerine dış su fazında daha etkin olduğu belirtilmiştir. Et ürünlerinde çoklu emülsiyonların kullanımı yaklaşımı sonucunda %60’a kadar yağ azaltımının ve yağ asidi profilinin geliştirilmesi sağlanabilmektedir [9, 15]. Oksidatif kararlılık gözlemlendiğinde [9] çoklu emülsiyon kullanımıyla emülsiyon stabilitesi ve oksidatif kararlılığın yüksek daha sağlıklı, yağ asidi profili geliştirilmiş ürün eldesinin mümkün olduğunu bildirmiştir.

## SONUÇ

Son yıllarda tüketicilerin bilinç düzeyi ve beklentilerindeki değişimlerle birlikte, gıda endüstrisinde yağı azaltılmış ve fonksiyonel bileşenlerce zenginleştirilmiş, daha sağlıklı et ürünlerinin formüle edilmesi konusundaki Ar-Ge çalışmaları hız kazanmıştır. Et ürünlerinde yağ; görünüm, sululuk, lezzet ve tekstür gibi kalite kriterlerini önemli derecede etkileyen bir bileşen olup, formülasyonda yağ oranının azaltılması ve/veya yağ asitleri kompozisyonunun modifikasyonunu sağlayan bitkisel yağların doğrudan kullanımı, belirtilen bu kriterlerde olumsuz değişikliklere neden olmaktadır. Bu nedenle yenilikçi yağ azaltma ve yağ asitleri profilinin modifikasyonu ile ilgili stratejiler konusunda kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Çeşitli teknikler ile hazırlanan yağ emülsiyonlarının farklı karakteristiklere sahip olması, ürün içindeki davranışlarını da

etkilemektedir. Hayvansal yağın bitkisel yağlarla hazırlanan basit emülsiyonlara kıyasla daha kompleks yapıdaki farklı türde emülsiyonlar (jel ve çoklu emülsiyonlar) ile ikame edilmesinin, daha sağlıklı et

ürünleri geliştirilmesi amacı doğrultusunda çözümsel bir yaklaşım sunabileceği gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Et ürünlerinde W/O/W çoklu emülsiyonların kullanıldığı çalışmalar

Ürün	Uygulama	Bulgular	Kaynak
Jel/emülsiyon et sistemi	Domuz yağı ikamesi olarak zeytinyağı, sodyum kazeinat veya peynir suyu proteini ile hazırlanan W <sub>1</sub> /O/W <sub>2</sub> çoklu emülsiyonların kullanımı	<ul style="list-style-type: none"> <li>W<sub>1</sub>/O/W<sub>2</sub> çoklu emülsiyonlarının kullanıldığı örneklerin yüksek oranda termal ve kreleşme stabilitesine sahip olduğu saptanmıştır.</li> <li>W<sub>1</sub>/O/W<sub>2</sub> çoklu emülsiyonlarının et sistemlerine ilavesiyle su ve bağlama özellikleri geliştirilmiştir.</li> </ul>	[53]
Model sistem et emülsiyonu	Chia yağı, sodyum kazeinat ve hidroksitirozol (HXT) ile hazırlanan W <sub>1</sub> /O/W <sub>2</sub> çoklu emülsiyonların domuz et yağı yerine kullanımı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chia yağı ile hazırlanan W<sub>1</sub>/O/W<sub>2</sub> çoklu emülsiyonlar yüksek stabilize göstermiştir.</li> <li>Chia yağı kullanılan örneklerde oksidatif değişiklikleri daha yüksek oranda bulunmuştur.</li> <li>HXT'in çoklu emülsiyonun iç su fazı yerine, eklenen su fazında kullanımı ile et proteinleriyle etkileşimine bağlı olarak antioksidatif etki daha yüksek bulunmuştur.</li> <li>Chia yağı ilavesiyle doymamışlık oranının artmasına bağlı olarak oksidasyonunun ilerlediği saptanmıştır.</li> </ul>	[16]
Sosis	Perilla yağı veya domuz sırt yağının sodyum kazeinat ile W <sub>1</sub> /O/W <sub>2</sub> emülsiyon hazırlanarak uygulanması	<ul style="list-style-type: none"> <li>W<sub>1</sub>/O/W<sub>2</sub> çoklu emülsiyonların ilavesiyle yağ asitleri kompozisyonu geliştirilirken, %60 oranında yağın azaltılması sağlanmıştır.</li> <li>Bitkisel yağın doğrudan kullanıldığı örneklerde TBA değeri daha yüksek bulunmuştur.</li> </ul>	[15]
Model sistem et emülsiyonu	Zeytinyağının sodyum kazeinat ile W <sub>1</sub> /O/W <sub>2</sub> hazırlanarak uygulanması	<ul style="list-style-type: none"> <li>Çoklu emülsiyonlar, yağ miktarının azaltılması ve yağ asidi kompozisyonunu modifikasyonunu sağlamıştır.</li> <li>Emülsiyon stabilitesi ve oksidatif kararlılık çoklu emülsiyon kullanımı ile yükseltilmiştir.</li> </ul>	[9]

## KAYNAKLAR

- [1] 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 (2<sup>nd</sup> Edition). Boca Raton: CRC Press. Taylor & Francis Group, pp. 225–248.
- [2] Jiménez-Colmenero, F., 2007. Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science & Technology* 18: 567-578.
- [3] 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: 919-930.
- [4] 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: 177-188.
- [5] 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: 1384-1394.
- [6] 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.
- [7] Giese, J., 1996. Fats, oils and fat replacers. *Food Technology* 50(4): 78-83.
- [8] McClements, D.J., Decker, E.A., Weiss, J., 2007. Emulsion-Based Delivery Systems for Lipophilic Bioactive Components. *Journal of Food Science* 72: 109-124.
- [9] Serdaroğlu, M., Öztürk, B., Urgu, M., 2016. Emulsion characteristics, chemical and textural properties of meat systems produced with double emulsions as beef fat replacers. *Meat Science* 117: 187-195.
- [10] Xiong, G., Wang, P., Zheng, H., Xu, X., Zhu, Y., Zhou, G., 2016. Effects of plant oil combinations substituting pork back-fat combined with pre-emulsification on physicochemical, textural, microstructural and sensory properties of spreadable chicken liver pate. *Journal of Food Quality* 39(4):331-341.
- [11] 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: 207-213.

- [12] 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):430-438.
- [13] Urgu, M., 2013. Yağı Azaltılmış Sosislerde Su İçinde Fındık Yağı Emülsiyonu Ve Fındık Tozu Kullanımının Araştırılması Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bornova, İzmir.
- [14] 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: 132-145.
- [15] 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* DOI:10.1002/jsfa.7163.
- [16] 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.
- [17] Ertař, A.H., Karabař, G., 1998. Ayçiçek yağı ile frankfurter tipi sosis üretimi üzerinde araştırma. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 22: 235-240.
- [18] 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: 81-88.
- [19] 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: 65-72.
- [20] Özvural, E.B., Vural, H., 2008. Utilization of interesterified oil blends in the production of frankfurters. *Meat Science* 78: 211-216.
- [21] Zorba, Ö., Kurt, ř., 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: 149-155.
- [22] 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: 269-277.
- [23] Valencia, I., Ansorena, D., Astiasaran, I., 2006b. Nutritional and sensory properties of dry fermented sausages enriched with n-3 PUFAs. *Meat Science* 72: 727-733.
- [24] Pelsler, 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: 1-11.
- [25] de Ciriano, G.I.M., Rehecho, S., Calvo, M.I., Cavero, 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: 373-377.
- [26] 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: 2068-2076.
- [27] 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: 212-218.
- [28] 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: 187-194.
- [29] Lam, R.S.H., Nickerson, M.T., 2013. Food proteins: A review on their emulsifying properties using a structure-function approach. *Food Chemistry* 141: 975-984.
- [30] Dickinson, E., 2012. Emulsion gels: the structuring of soft solids with protein-stabilized oil droplets. *Food Hydrocolloids* 28: 224-241.
- [31] Sato, A.C.K., Moraes, K.E.F.P., Cunha, R.L., 2014. Development of gelled emulsions with improved oxidative and pH stability. *Food Hydrocolloids* 34: 184-192.
- [32] 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: 30-40.
- [33] Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, 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: 65-71.
- [34] Poyato, C., Ansorena, D., Berasategi, I., Navarro-Blasco, 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: 615-621.
- [35] Poyato, C., Astiasaran, I., Barriuso, B., Ansorena, D., 2015. A new polyunsaturated gelled emulsion as replacer of pork back-fat in burger patties: Effect on lipid composition, oxidative stability and sensory acceptability. *LWT - Food Science and Technology* 62: 1069-1075.
- [36] 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: 132-145.
- [37] 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: 470-478.
- [38] [38] Alejandre, M., Poyato, C., Ansorena, D., Astiasaran, I., 2016. Linseed oil gelled emulsion: A successful fat replacer in dry fermented sausages. *Meat Science* 121:107-113.
- [39] Serdaroğlu, M., Nacak, B., Karabıyıköğlü, M., Keser, G., 2016. Effects of partial beef fat replacement with gelled emulsion on functional and quality properties of model system meat emulsions. *Korean Journal for Food Science of Animal Resource* 36(6): 744-751.
- [40] Karabıyıköğlü, M., Keser, G., Nacak, B., Serdaroğlu, 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.
- [41] Benichou, A., Aserin, A., 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* 20: 108-109: 29-41.
- [42] Benichou, A., Aserin, A., Garti, N., 2007. O/W/O double emulsions stabilized with wpi-polysaccharide conjugates. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 297(1-3): 211–220.
- [43] Dickinson, E., 2011. Double Emulsions Stabilized By Food Biopolymers. *Food Biophysics* 6(1): 1-11.
- [44] 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): 339–353.
- [45] Florence, A.T, Whitehill D., 1982. The formulation and stability of multiple emulsions. *Int J Pharm* 1982(11): 277-308.
- [46] Garti, N, Bisperink, C., 1998. Double emulsions: progress and applications. *Current Opinion in Colloid and Interface Science* (3): 657–67.
- [47] Dickinson E., McClements D.J., 1996. Water-in-oil-in-water multiple emulsions. *Advances in food colloids*. London: Blackie Academic and Professional; 280–300p.
- [48] Garti, N., Benichou, A., 2004. Recent developments in double emulsions for food applications. In: Friberg E, Larsson K, Sjöblom J, editors. *Food emulsions*. New York: Marcel Decker; 353–412p.
- [49] Muschiolik, G., 2007. Multiple emulsions for food use. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* 12: 213–220.
- [50] 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: 271–276.
- [51] O'regan, J., Mulvihill, D.M., 2010. Sodium caseinate-maltodextrin conjugate stabilized double emulsions: encapsulation and stability. *Food Research International* 43: 224-231.
- [52] Flaiz, L., Freire, M., Cofrades, S., Mateos, R., Weiss, J., Jiménez-Colmenero, F., Bou, R., 2016. Comparison of simple, double and gelled double emulsions as hydroxytyrosol and n-3 fatty acid delivery systems. *Food Chemistry* 213: 49–57.
- [53] 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: 338–346.