



ET ÜRÜNLERİNDE YAĞ İKAME MADDELERİNİN KULLANIMI

Mine Kirkyol, Ahmet Akköse*

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

Geliş /Received 10.07.2023; Kabul /Accepted: 08.05.2024; Online baskı /Published online: 20.05.2024

Kirkyol, M., Akköse, A. (2024). Et ürünlerinde yağ ikame maddelerinin kullanımı. GIDA (2024) 49 (3) 478-503 doi: 10.15237/gida.GD23083

Kirkyol, M., Akköse, A. (2024). The use of fat replacers in meat products. GIDA (2024) 49 (3) 478-503 doi: 10.15237/gida.GD23083

ÖZ

Et ürünleri, üretimde kullanılan bileşenlere ve üretim tekniklerine bağlı olarak yüksek oranda hayvansal yağ içerebilmektedir. Hayvansal yağlar et ürünlerinin fizikokimyasal, tekstürel ve duyu özelliklerinin gelişmesinde önemli roller üstlenebilmekte, ayrıca ürünlerin besleyici değerine katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte yüksek oranda doymuş yağ asitleri ve kolesterol içeren hayvansal yağların yüksek oranda tüketiminin bazı sağlık sorunlarına yol açabildiği bildirilmektedir. Bu kapsamda beslenme ve sağlık arasındaki ilişkiye yönelik artan tüketici bilinci yağı azaltılmış veya ikame edilmiş ürünlere olan ilgiyi artırmakta, bu nedenle et ürünlerinde hayvansal yağın azaltılması veya belirli oranlarda ikame edilmesi üzerine yapılan çalışmaların sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Et ürünlerinde hayvansal yağın ikame edilmesinde diyet lifleri, tahıllar, hayvansal proteinler, yenilebilir mantarlar ve organojeller gibi ikame maddeleri kullanılabilir. Bu kapsamda kullanılan ikame maddelerinin hayvansal yağın üründe sağladığı olumlu etkileri karşılayabilmesi önemlidir. Mevcut bu çalışmada et ürünlerinde hayvansal yağ ikame maddelerinin kullanımı üzerinde durulmuş ve bu alandaki son araştırmalar hakkında ayrıntılı ve güncel bilgiler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Et ürünleri, hayvansal yağ, yağ ikamesi, diyet lifi, oleojel

THE USE OF FAT REPLACERS IN MEAT PRODUCTS

ABSTRACT

Meat products may contain high amounts of animal fat, depending on the components used in production and production techniques. Animal fats can play an important role in the development of physicochemical, textural, and sensory properties of meat products, and contribute to the nutritional value of the products. However, it is reported that high consumption of animal fats containing high levels of saturated fatty acids and cholesterol may cause some health problems. In this context, rising consumer awareness of the relationship between nutrition and health increases the interest in fat-reduced or substituted products, therefore, the number of studies on reducing or substituting animal fat in meat products at certain rates is increasing day by day. Substitutes such as dietary fibers, grains, animal proteins, edible mushrooms, and organogels can be used to replace animal fat in meat products. It is important that the substitutes used in this context will be able to meet the positive effects of animal fat on the product. This current study focuses on the use of animal fat substitutes in meat products and provides detailed and up-to-date information on the latest research in this field.

Keywords: Meat products, animal fat, fat replacement, dietary fiber, oleogel

* Sorumlu yazar/ Corresponding author

✉:akkose@atauni.edu.tr

☎: (+90) 442 231 2522

☎: (+90) 442 236 0958

Mine Kirkyol; ORCID no: 0000-0002-4158-0246

Ahmet Akköse; ORCID no: 0000-0003-1580-5226

GİRİŞ

Et ürünleri, kullanılan formülasyon ve işleme tekniğine bağlı olarak yüksek oranlarda hayvansal yağ içerebilmektedir. Bileşimde yer alan hayvansal yağ, et ürünlerine lezzet katmasının yanı sıra teknolojik ve arzu edilen tekstürel ve duyuşal özellikleri geliştirmesi nedeniyle son ürün kalitesi üzerinde etkili olmaktadır (Ferro vd., 2021). Bununla birlikte yüksek oranda doymuş yağ asitleri ve kolesterol içeren hayvansal yağın fazla tüketiminin obezite, kalp-damar hastalıkları ve kanser gibi bazı sağlık sorunlarına neden olduğu bildirilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından toplam enerji alımının en fazla %30'unun yağlardan alınması gerektiği, bu kapsamda doymuş yağların %10'u, trans yağların ise %1'i geçmemesi gerektiği ifade edilmiş ve tüketicilere hayvansal yağ alımını azaltmaları tavsiye edilmiştir (WHO, 2020; Manzoor vd., 2022). Beslenme ve sağlık arasındaki ilişkiye yönelik artan tüketici bilinci, yağ azaltılmış veya ikame edilmiş ürünlere olan ilgiyi artırmakta, bu kapsamda et ürünlerinde hayvansal yağın azaltılması veya belirli oranlarda ikame edilmesi üzerine yapılan çalışmaların sayısı da gün geçtikçe artmaktadır.

Birçok et ürününün hayvansal yağ içeriği, kullanılan hammadde, formülasyon ve işleme koşulları gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Yağsız etle yapılan ürünlere hayvansal yağ içeriği genellikle %10'dan daha az olmasına rağmen çoğu et ürününde daha yüksek seviyelerde hayvansal yağ bulunmaktadır (Dominguez vd., 2022). Örneğin, burgerler, kurutulmuş veya emülsifiye edilmiş et ürünleri %20-35 arasında hayvansal yağ içerebilmektedir. Ayrıca, bu tip ürünlere kullanılan işleme tekniğine bağlı olarak, özellikle kurutulmuş ürünlere meydana gelen nem kaybı nedeniyle son ürünün yağ oranı daha yüksek seviyelere de ulaşabilmektedir (Franco vd., 2020; Vargas-Ramella vd., 2020a; Ozaki vd., 2021; Öztürk-Kerimoğlu vd., 2021).

Et ürünlerinde hayvansal yağ içeriğinin azaltılması veya ikame edilmesi, hayvansal yağın üründe sağladığı olumlu etkiler mümkün olduğunca korunarak ve üretim maliyeti üzerinde önemli bir etkiye neden olmadan gerçekleştirilmelidir. Bu

kapsamda et ürünlerinde hayvansal yağın kısmen veya tamamen diyet lifleri, tahıllar, hayvansal proteinler, hidrokolloidler, mantarlar veya bunların kombinasyonları ile değiştirildiği birçok çalışma bulunmaktadır. Diğer yandan hayvansal yağ yerine organojellerin kullanımına yönelik de gittikçe artan bir ilgi söz konusudur.

Et ürünlerinde hayvansal yağın azaltılmasına yönelik çalışmalarda farklı yöntem ve formülasyonlar üzerinden çeşitli ikame maddelerinin kullanıldığı stratejiler geliştirilmiş ve bu stratejilerin kendine ait avantaj ve dezavantajları bildirilmiştir. Bu çalışmalarda hayvansal yağın ikame edilebileceğine dair umut veren sonuçlar elde edilmiş olmasına rağmen, birçoğu endüstriyel düzeyde uygulama alanı bulamamıştır. Mevcut bu çalışmada, et ürünlerinde hayvansal yağ ikame maddelerinin kullanımına odaklanılmış ve bu alandaki güncel çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

ET ÜRÜNLERİNDE KULLANILAN YAĞ İKAME MADDELERİ

Diyet Lifleri

Nişasta yapısında olmayan polisakkarit türevleri olarak tanımlanan diyet lifleri, ince bağırsakta sindirime ve emilime dirençli olan, kalın bağırsakta kısmen veya tamamen probiyotik mikroorganizmalar tarafından fermentasyona uğrayan yenilebilir bitkilerin temel unsurlarındandır (LaCourse, 2008). Et ürünlerinde diyet liflerinin kullanımı, emülsiyon stabilitesi ile su ve yağ tutma kapasitesini artırması, pişirme kayıplarını azaltması, son ürünün dokusunu ve sululuğunu iyileştirerek tekstürü modifiye etmesi, depolama stabilitesini iyileştirmesi ve nötr bir tada sahip olması nedeniyle tercih edilebilmektedir (Madane vd., 2019). Ayrıca, bir yağ ikame maddesi olarak diyet liflerinin kullanımı, tüketimden sonra tokluk hissini etkilemeden et ürünlerinin enerji değerini azaltan bir strateji olarak da uygulanmaktadır (Carvalho vd., 2019). Bu stratejinin, et ürünlerinde hayvansal yağı azaltmanın neden olduğu teknolojik ve duyuşal kusurları engellemek için etkili olabileceği ve ayrıca et ürünlerinin diyet lifleri ile zenginleştirilmesinin obezite, diyabet ve hassas bağırsak sendromu gibi çeşitli hastalıkların

başlamasını önlemede yardımcı olabileceği bildirilmiştir (Sofi vd., 2017).

Diyet liflerinin farklı et ürünlerinde hayvansal yağ ikamesi olarak kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır (Çizelge 1). Yağı azaltılmış burger köfterlerinde diyet lifi olarak inülin, buğday ve yulaf lifi ile fruktooligosakkarit ilavesinin etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, teknolojik ve duyuşal özelliklerde kontrole göre istatistiki açıdan bir değişiklik olmadığı, bununla birlikte %6 inülin kullanılan örneklerde daha yüksek duyuşal puanların elde edildiği ancak pişirme sonrasında bu burgerlerde daha düşük verim ve sertlik değerlerinin belirlendiği bildirilmiştir (Bis-Souza vd., 2018). Diğer yandan yüksek oranda diyet lifi içeren hindiba kökü tozu ile üretilen az yağlı burgerlerde ise daha yüksek verim ve daha düşük pişirme kaybının bildirildiği bir çalışmada burgerlerin besinsel kalitesinin ve duyuşal

profilinin geliştiği ifade edilmiştir (El Zeny vd., 2019). Aslinah vd. (2018), yüksek diyet lifi içeriğine sahip adzuki fasulyesi ununu köfte üretiminde hayvansal yağ ikamesi olarak kullanmışlardır. Araştırmada, adzuki fasulyesi unu kullanım oranı arttıkça köftelerde pişirme verimi ve nem içeriği ile sertlik ve çiğnenebilirliğin arttığı, bununla birlikte %25 ve %50 oranında adzuki fasulyesi unu kullanılan köftelerde kontrol grubuna kıyasla daha yüksek duyuşal kabul edilebilirliğin tespit edildiği bildirilmiştir. Yağı azaltılmış burgerlerde diyet lifi olarak bezelye lifinin kullanıldığı başka bir çalışmada ise fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşal özelliklerde kontrole göre önemli seviyede bir değişimin meydana gelmediği belirlenmiştir. Araştırma sonucunda bezelye lifinin, sığır eti burgerlerinde bir hayvansal yağ ikame maddesi olarak kullanımının umut verici bir strateji olabileceği ifade edilmiştir (Polizer-Rocha vd., 2019).

Çizelge 1. Yağ ikamesi olarak diyet lifleri, hayvansal proteinler ve tahılların kullanımı

Yağ Maddesi	İkame	İkame Oranı	Et Ürünü	Sonuçlar			Kaynak
				Fizikokimyasal	Duyuşal-Tekstürel	Besinsel	
Adzuki fasulyesi unu		%25 %50 %75 %100	Köfte	<ul style="list-style-type: none"> • Artan pişirme verimi • Yüksek nem içeriği • Su tutma kapasitesinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • %50 oranında ikame kontrole kıyasla iyi kabul edilebilirlik • Sertlik ve çiğnenebilirlikte artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ içeriğinde azalma • Protein içeriğinde değişim yok 	Aslinah vd. (2018)
Kinoa tohumu		%2,5 %5 %7,5 %10	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Pişirme veriminde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Duyuşal kalitede değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> • Protein ve lif içeriğinde artış 	Baioumy vd. (2018)
Buğday, fruktooligosakkarit ve yulaf lifi	inülin,	%3 %6	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • İnülin, fruktooligosakkarit ile verimde değişim yok • TBARS değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> • Buğday ve yulaf lifi ilavesi ile duyuşal kabulde farklılık yok 	-	Bis-Souza vd. (2018)
Buğday kollajen emülsiyonu	filizi-	%5 %10 %15 %20 %25	Köfte	<ul style="list-style-type: none"> • Pişirme kaybında azalma • b* artış • pH artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Genel kabul edilebilirlik kontrol, %5 ve %10 emülsiyon grubunda yüksek 	<ul style="list-style-type: none"> • Protein çözünürlüğünde artış 	Kim vd. (2018)
Kinoa		%5 %10	Çiğer ezme	<ul style="list-style-type: none"> • Lipid oksidasyonunda azalma 	<ul style="list-style-type: none"> • Sertlikte artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağda %8 oranında azalma 	Pellegrini vd. (2018)

Et ürünlerinde hayvansal yağ ikamesi

İnülin	%20 %30 %40 %50 %60	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> Nem içeriğinde artış b* değerinde azalma Piştirme verimi değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> Sertlik ve çığnebilirlikte azalma Duyusal özelliklerde gelişme 	<ul style="list-style-type: none"> Yağ içeriğinde azalma Lif içeriğinde artış 	Prapasuwanna kul (2018)	
<i>Moringa oleifera</i> tohum unu	%1 %3 %5	Salam	<ul style="list-style-type: none"> Lipid oksidasyonda azalma 	<ul style="list-style-type: none"> Duyusal kalitede olumlu etki 	<ul style="list-style-type: none"> Besleyici özelliklerde artış 	Aurama vd. (2019)	vd.
Yulaf lifi, inülin	%1	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> Nem içeriğinde artış TBARS değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> %6'ya kadar inülin ve %0.85'e kadar yulaf lifi ilavesi ile duyusal kabulde değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> Yağ içeriğinde azalma 	Bis-Souza (2019)	vd.
Hindiba kökü tozu	%25 %50 %75	Burger	<ul style="list-style-type: none"> Piştirme kaybında azalma Piştirme veriminde artış 	<ul style="list-style-type: none"> Duyusal profilde gelişim 	<ul style="list-style-type: none"> Besin profilinde gelişim 	El Zeny (2019)	vd.
Buğday lifi	%5 %10 %15 %20	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> Nem içeriğinde artış Piştirme kaybında değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> Sertlikte artış Duyusal kabulde farklılık yok 	<ul style="list-style-type: none"> Yağ içeriğinde azalma 	Juhui ve Hack-Youn (2019)	
<i>Discorea alata</i> L. - hidrolize kolajen	%20 %40 %60 %80 %100	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> Emülsiyon stabilitesinde gelişme Piştirme veriminde gelişme 	<ul style="list-style-type: none"> %40 yağ değişimine kadar genel kabulde değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> Yağ ve enerji içeriğinde azalma Protein miktarında artış 	Olanwanit ve Rojanakorn (2019)	
Bezelye lifi	%1	Burger	<ul style="list-style-type: none"> Piştirme kaybı ve büzülmede değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> Duyusal kabulde farklılık yok Sertlik ve çığnebilirlikte değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> Yağ içeriğinde azalma Protein içeriğinde değişim yok 	Polizer-Rocha vd. (2019)	
Frukto-oligosakkaritler ve probiyotik suşlar	%2	Fermente sosis	<ul style="list-style-type: none"> Lipid oksidasyonunda değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> Sertlik ve çığnebilirlikte artış 	<ul style="list-style-type: none"> Aroma ve uçucu profilinde iyileşme 	Bis-Souza (2020)	vd.
Chia müsilağı	%2,5 %5	Et emülsiyonu	<ul style="list-style-type: none"> Renkte artış Emülsiyon stabilitesini iyileştirmiş 	<ul style="list-style-type: none"> Sertlikte artış 	-	Cámara (2020)	vd.
İnülin, β-glukan, üzüm kabuğu	%3 %6 inülin %0,5 %1 β-glukan %0,5 üzüm kabuğu	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> Parlaklıkta azalma 	<ul style="list-style-type: none"> Frankfurt sosislerde tekstürel değişim yok İspanyol sosislerde sertlik ve çığnebilirlikte azalma 	-	Egea (2020)	vd.
Kinoa ve teff tohumu	%5	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> Piştirme verimi, su tutma kapasitesi, emülsiyon stabilitesinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> Duyusal kalitede değişim yok Yapışkanlık ve sertlikte azalma 	<ul style="list-style-type: none"> Yağ ve enerji içeriğinde azalma 	Öztürk-Kerimoğlu (2020)	vd.

Yulaf β -glukan	%15 %30	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Su tutma kapasitesi artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Doku parametrelerinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Kolesterol içeriği azalmış 	Szpicier (2020)	vd.
Peynir altı suyu protein izolatu	%15	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> • Emülsiyon stabilitesinde gelişim • Pişirme kaybında iyileşme 	<ul style="list-style-type: none"> • Sertlik ve çignenebilirlik gibi tekstürel profilde gelişim 	-	Kwon (2021)	vd.
İnülin bazlı emülsiyon jel	%50	Salam	<ul style="list-style-type: none"> • Lipid oksidasyonunda artış • Kırmızılıkta azalma 	<ul style="list-style-type: none"> • Kohesivlikte artış • Tekstürde iyileşme • Tat ve aromada düşüş 	<ul style="list-style-type: none"> • Lif içeriğinde artış 	Paglarini (2021)	vd.
Patlıcan tozu	%1 %2 %3	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> • Su ve yağ bağlama özellikleri ile nem içeriğinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Duyusal özelliklerde gelişme 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ içeriğinde azalma • Protein miktarı değişmemiş 	Zhu vd. (2021)	
Hurma tohumu tozu-jelatin jeli	%100	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • b* değerinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Yumuşaklık ve çignenebilirlikte artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Besleyici profilde gelişim 	Essa ve Elsebaie (2022)	
Sığır jelatini	%25 %50 %75 %100	Köfte	<ul style="list-style-type: none"> • Pişirme kaybında azalma • L* ve a* değerlerinde artma • Nem içeriğinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • %50 yağ ikameli grup en iyi kabul edilebilirlik göstermiş 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ içeriğinde azalma • Protein içeriğinde artış • SFA'da azalma • PUFA'da artma 	Gao vd. (2022)	
Chia	%20 %40 %60 %80 %100	Köfte	<ul style="list-style-type: none"> • Nem içeriğinde artış • Yüksek lipit stabilitesi 	<ul style="list-style-type: none"> • Duyusal kalitede değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ ve protein içeriğinde azalma 	Liu vd. (2022)	
İnülin ve/veya fruktooligosakkarit	%3,5	Köfte	<ul style="list-style-type: none"> • Nem içeriğinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Benzer duyusal kabul 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ içeriğinde azalma • Protein içeriği değişim yok 	Montoya (2022)	vd.
Peynir altı suyu proteini	%5 %10	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> • Emülsiyon stabilitesinde artış • Pişirme veriminde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Sertlik ve çignenebilirlikte düşüş • Duyusal kalitede değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ ve enerji içeriğinde azalma • Protein miktarında artış 	Öztürk-Kerimoğlu (2022)	vd.
Chia	%12,5 %25 %37,5 %50	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Renkte koyulaşma • Verimde değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> • Tekstür parametrelerinde değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> • Lipid içeriği ve kalori değerinde azalma • Diyet lifi içeriğinde artış 	Rampe (2022)	vd.

Kenevir yağı- karabuğday tohumu emülsiyon jeli	%25 %50	Salam türü et ürünü Alheiras	<ul style="list-style-type: none"> Nem içeriğinde artma L* ve a* değerinde azalma Pişirme kaybında değişim yok 	-	<ul style="list-style-type: none"> Protein içeriğinde artma SFA'da azalma PUFA'da artma 	Botella- Martinez vd., (2023)
Chia	%50 %100	Burger	<ul style="list-style-type: none"> Pişirme veriminde artış 	<ul style="list-style-type: none"> Sertlik ve çignenebilirlikte azalma 	<ul style="list-style-type: none"> Beslenme profilinde iyileşme 	Badar vd. (2023)
Badem unu	%25 %50 %75 %100	Sığır eti köftesi	<ul style="list-style-type: none"> b* değerinde azalma Nem içeriğinde azalma Pişirme veriminde artma Büzülmede azalma 	<ul style="list-style-type: none"> %100 ikame en yüksek sertlik ve çignenebilirlik, en düşük kohezivlik ve esneklik göstermiş 	<ul style="list-style-type: none"> SFA'da azalma Oleik ve linoleik asit içeriğinde artma 	Kırkyol ve Akköse (2023)
Modifiye kinoa protein emülsiyonu	%25 %50 %75 %100	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> Nem içeriğinde artma L* değerinde artma a* ve b* değerinde azalma 	<ul style="list-style-type: none"> %50 yağ ikamesinde duysal özelliklerde değişim yok %100 yağ ikameli sosisler en düşük tekstürel parametreler göstermiş 	<ul style="list-style-type: none"> Protein içeriğinde artma 	Zhao vd., (2023a).

Montoya vd. (2022) yaptıkları bir çalışmada domuz ve piliç köftelerinde yağ ikamesi olarak inülin ve/veya fruktooligosakkarit kullanmışlardır. Araştırmada domuz ve piliç köftelerinde inülin kullanımının duysal olarak kabul edilebilir olduğu ve yağın teknolojik özelliklerini taklit edebildiği bildirilmiştir. Szpicer vd. (2020) ise sığır burger üretiminde yağ ikamesi olarak diyet lifi (yulaf β -glucan konsantresi) kullanımının fizikokimyasal ve duysal özelliklere etkisini incelemişlerdir. Diyet lifi içeren burgerlerin, kontrol örneklerine göre daha düşük kolesterol içeriğine ve daha yüksek su tutma kapasitesi ile doku (sertlik, kohezivlik ve elastikiyet) parametrelerine sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, bu yaklaşım sayesinde duysal olarak kabul edilebilir olan daha sağlıklı ve az yağlı burger üretiminin mümkün olduğunu ifade etmişlerdir.

Essa ve Elsebaie (2022) yaptıkları bir çalışmada hurma tohumu tozundan elde edilen diyet lifi ve jelatinden oluşturulan kompozit jelini sığır eti burgerinde yağ ikamesi olarak kullanmışlar ve bu

jelin diyet lifi içeriği artırılmış, doymuş yağ içeriği ise azaltılmış fonksiyonel ürünler geliştirmek için uygun olduğunu ifade etmişlerdir. Sığır eti burgerinde bu kompozit jelin kullanımının pişirme özelliklerini geliştirdiği, yumuşaklık ve esnekliği artırdığı, daha yüksek parlaklık, kırmızılık ve sarılığa neden olduğu bildirilmiştir. Piliç köftesinde hayvansal yağın buğday filizi ile kolajenden oluşturulan bir emülsiyon ile değiştirildiği bir çalışmada ise pH, b* değeri, protein çözünürlüğü ve kesme kuvvetinin kullanılan emülsiyon seviyesine bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca yağı azaltılmış piliç köftelerinde L* ve a* değerleri ile pişirme kaybı ve çaptaki küçülmenin azaldığı bildirilmiştir (Kim vd., 2018).

Emülsiyon tipi piliç sosislerinde yağ ikame maddesi olarak buğday lifinin kullanıldığı bir çalışmada, yağ ikame oranı arttıkça daha yüksek nem içeriği ile daha düşük yağ içeriğinin belirlendiği ve daha sert ürünlerin elde edildiği tespit edilmiştir (Juhui ve Hack-Youn, 2019). Bis-Souza vd. (2019) düşük yağlı Brezilya sosisinde

yağ ikamesi olarak yulaf lifi ve inülin kullanmışlar ve nem içeriğinde artış ile yağ içeriğinde azalma tespit etmişlerdir. Aynı zamanda ürünlerde diyet lifi kullanımının TBARS değerlerini etkilemediği, %6'ya kadar inülin ile %0,85'e kadar yulaf lifi ilavesinin son üründe teknolojik parametrelerde ve duyuşsal kabul edilebilirlikte önemli bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir. Aynı araştırmacılar tarafından yapılan bir başka çalışmada ise yağı azaltılmış fermente sosislerde fruktooligosakkaritlerin kullanımının kontrole göre lipid oksidasyonu üzerinde etkili olmadığı, ürünlerin aroma ve uçucu profilinde iyileşmeye yol açtığı, bununla birlikte sertlik ve çiğnenebilirlikte artışa neden olduğu bildirilmiştir (Bis-Souza vd., 2020).

Egea vd. (2020) domuz etinden üretilen Frankfurt ve İspanyol tipi sosislerde hayvansal yağ yerine inülin ve β -glucan kullanımının tekstürel özellikleri etkilemediğini belirlemişler ve bu tip ürünlerde hayvansal yağı azaltmak için diyet lifi kullanımının iyi bir strateji olabileceği sonucuna varmışlardır. Benzer bir diğer araştırmada da domuz etinden üretilen sosislerde yağ ikame maddesi olarak inülin kullanımının, ürünün duyuşsal kabulünü, teknolojik kalitesini ve besinsel özelliklerini iyileştirdiği rapor edilmiştir (Prapasuwannakul, 2018). Başka bir araştırmada ise domuz etinden yapılan hayvansal yağı azaltılmış sosislerde diyet lifi olarak farklı oranlarda patlıcan tozu kullanılmış, artan diyet lifi içeriğine bağlı olarak su ve yağ bağlama ile dokusal ve duyuşsal özelliklerinin arttığı bildirilmiştir (Zhu vd., 2021). Auriema vd. (2019) tarafından yapılan bir araştırmada piliç etinden üretilen mortadellada yağ ikamesi için diyet lifi olarak *Moringa oleifera* tohumu unu kullanımının fizikokimyasal özellikler, kimyasal bileşim ve lipid oksidasyonu üzerindeki etkisi incelenmiştir. %3 veya %5 oranında *Moringa oleifera* tohumu unu kullanımının 90 günlük depolama süresince lipid oksidasyonunda azalma sağladığı belirlenmiş ve et ürünlerinde hayvansal yağın ikamesinde antioksidan aktivitesi nedeniyle *Moringa oleifera* tohumu ununun doğal fonksiyonel bir bileşen olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu ifade edilmiştir.

Paglarini vd. (2021) tarafından yapılan bir araştırmada Bologna tipi sosislerde hayvansal yağ yerine %50 ve %100 oranında soya yağı ve inülin bazlı emülsiyon jeli kullanımının kohesivliği artırdığı ve daha iyi bir tekstür profili sağladığı belirlenmiştir. Ancak, Bologna tipi sosislerde daha yüksek lipid oksidasyonu belirlenmiş, renk parametrelerinde değişiklikler meydana geldiği ve kontrole göre tat ve aromanın azaldığı ifade edilmiştir. Kırkyol ve Akköse (2023) sığır eti köftelerinde hayvansal yağ ikamesi olarak badem unu kullandıkları çalışmalarında, kontrol örneklerine göre ikameli köftelerde daha düşük nem içeriği ile TBARS değerlerinin elde edildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca badem unu ikamesinin köftelerde pişirme verimini artırırken büzülmede azalmaya neden olduğu görülmüştür. Bununla birlikte badem unu kullanımıyla toplam doymuş yağ içeriğinde azalış, oleik ve linoleik asit içeriğinde ise artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Yukarıda verilen çalışmalar değerlendirildiğinde, et ürünlerinde hayvansal yağın diyet lifleri ile ikame edilmesinin fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşsal özellikler üzerinde kullanılan diyet lifine, kullanım oranına ve kullanıldığı et ürününe bağlı olarak farklı etkiler oluşturabildiği görülmektedir. Bununla birlikte diyet lifi kullanımının genel itibarıyla ürünlerin besleyici özelliklerini geliştirdiği ifade edilebilir. Et ürünlerinde diyet lifi olarak inülin, buğday ve yulaf lifi ile fruktooligosakkaritlerin kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Tahıllar

Çeşitli tahıllar, fenolik maddeler ve vitaminler ile mineraller gibi sağlık açısından yararlı bileşikler içerdikleri için fonksiyonel gıdalar olarak kabul edilmektedir (Dominguez vd., 2022). Et ürünlerinde bazı tahılların tohum, un veya müsülaj gibi formlarda yağ ikame maddesi olarak kullanıldığı araştırmalar bulunmaktadır (Pintado vd., 2016; Ding vd., 2018; Rampe vd., 2022). Ayrıca son yıllarda, bu tahılların emülsiyon jellerinin fonksiyonel özelliklerinden dolayı et ürünlerinde hayvansal yağ ikamesi olarak kullanımına odaklanan araştırmaların sayısı da giderek artmaktadır (Liu vd., 2022).

Et ürünlerinde hayvansal yağın tahıllar ile ikame edilmesi üzerine yapılan çalışmalarda özellikle kinoa ve chia tohumlarının kullanımına odaklanılmıştır (Çizelge 1). Baioumy vd. (2018) yaptıkları bir araştırmada az yağlı burgerlerde kinoa unu kullanımının pişirme verimini artırdığını ve son ürünün duyu kalitesini bozmadığını bildirmişlerdir. Burgerlerde kullanılan kinoa oranının artmasıyla protein ve lif içeriğinin arttığı, yağ ve enerji değerlerinin ise azaldığı bulunmuştur. Böylece hayvansal yağ yerine kinoa kullanılarak elde edilmiş burgerlerin besleyici özelliklerinin iyileştiği ifade edilmiştir. Başka bir çalışmada yağı azaltılmış emülsifiye soslerde kinoa unu ve/veya teff tohumunun ilavesi hem duyu kaliteyi etkilememiş hem de daha yüksek pişirme verimi, su tutma kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi sağlamıştır. Bu soslerde renkte değişim gözlenmezken, daha yumuşak bir tekstür belirlendiği bildirilmiştir. Ayrıca, kinoa unu ve/veya teff tohumunun formülasyona dahil edilmesiyle yağ içeriğinin %50'den fazla azaltılabildiği böylece genel olarak ürün kalitesinden ödün vermeden daha sağlıklı emülsifiye soslerin elde edilebileceği ifade edilmiştir (Öztürk-Kerimoğlu vd., 2020). Pellegrini vd. (2018), emülsifiye bir et ürünü olan domuz ciğeri ezmesinde hayvansal yağ yerine kinoa kullanımının teknolojik, duyu ve oksidatif özellikler üzerinde olumlu etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, kinoa içeren domuz ciğeri ezmelerinde daha düşük lipid oksidasyonu ile daha sert bir tekstür belirlenmiştir.

Ding vd. (2018), hayvansal yağın chia tohumuyla değiştirilmesinin, jambon benzeri ürünlerde duyu kaliteyi etkilemediğini, işleme özelliklerini ve oksidatif stabiliteyi iyileştirdiğini tespit etmişlerdir. Araştırmada, chia tohumu kullanımının duyu, besinsel, teknolojik ve fizikokimyasal özellikleri iyileştirici etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Pintado vd. (2016) ise chia unu kullanımının, emülsifiye soslerde yağ azaltımının neden olduğu teknolojik ve duyu kusurları ortadan kaldırmak için mükemmel bir strateji olduğunu ve yeniden formüle edilmiş soslerde yağ ve enerji azaltımı ile lif zenginleştirilmesi sağlandığını bildirmişlerdir. Diğer yandan chia ununun daha yüksek lipid

oksidasyonuna neden olduğu, renkte, dokuda ve duyu özelliklerde değişikliklerin gözlemlendiği de ifade edilmiştir. Yağı azaltılmış et emülsiyonunda hayvansal yağ yerine chia müsilajının kullanıldığı bir çalışmada, sertlik ve renk parametrelerinde belirgin bir artış olduğu, chia müsilajının su tutma ve jel oluşturma özelliklerinden dolayı emülsiyon stabilitesini iyileştirdiği bildirilmiştir (Cámara vd., 2020). Rampe vd. (2022) balık burgerde yağ ikamesi olarak chia müsilajı kullandıkları bir araştırmada, burgerlerin lipid içeriğinde ve kalori değerinde önemli bir azalma olduğunu ve bu örneklerin kontrole göre daha koyu bir renk yoğunluğuna sahip olduğunu bulmuşlardır. Başka bir çalışmada sığır köftelerinde yağ ikamesi olarak chia müsilajı ile hazırlanan emülsiyon jeller kullanılmıştır. Kontrol grubuyla kıyaslandığında ikameli köftelerin nem içeriğinin arttığı, yağ ve protein içeriğinin ise azaldığı bildirilmiştir. Araştırmada, emülsiyon jellerinin sığır köftesine pozitif özellikler kazandırdığı ve az yağlı sığır köftesi üretmek için uygun bir yaklaşım olduğu ifade edilmiştir (Liu vd., 2022).

Badar vd. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada manda eti burgerlerinde yağ ikamesi olarak chia unu emülsiyon jelleri kullanılmıştır. Sertlik ve çignenebilirlik yağ ikame oranının artmasıyla azalmış ve %50 oranında yağın ikame edilmesinin teknolojik ve duyu özelliklerden ödün vermeden manda burgerlerinin besleyici profilini iyileştirdiği belirlenmiştir. Başka bir çalışmada modifiye kinoa proteini emülsiyonunun soslerde domuz sırt yağı ikamesi olarak kullanılmıştır. Araştırmada kinoa proteini emülsiyonu nem ve protein içeriğinde artışa, kırmızılıkta ise azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Frankfurter tip soslerde %50 oranında yağ ikamesinde diğer ikameli gruplara göre daha yüksek su tutma kapasitesi ile tekstürel özellikler elde edilmiş olup oksidatif stabiliteyi iyileştirmiş ancak duyu özellikleri etkilememiştir (Zhao vd., 2023a). Botella-Martinez vd., (2023) yaptıkları bir çalışmada hayvansal yağ ikamesi olarak kenevir yağı ve karabuğday tohumu ile oluşturulan emülsiyon jelini geleneksel bir Portekiz et ürünü olan Alheiras üretiminde kullanmışlardır. Domuz sırt yağının %25 ve %50 oranında emülsiyon jeli

ile değiştirildiği bu çalışmada, nem ve protein içeriğinde artış olurken toplam doymuş yağ asitleri azalmış, çoklu doymamış yağ asidi miktarı ise artmıştır. Araştırmacılar, karabuğday unu kullanılarak üretilen emülsiyon jelinin hayvansal yağ ikamesi olarak kullanımının daha sağlıklı et ürünleri elde etmek için umut verici bir strateji olabileceğini ifade etmişlerdir.

Çeşitli tahılların yağ ikamesi olarak kullanımının, renk, doku ve oksidatif stabilitede değişikliklere yol açabildiği, bununla birlikte yeniden formüle edilmiş et ürünlerinde yağın azaltılmasının neden olduğu kusurları iyileştirmek için faydalı bir strateji olduğu görülmektedir. Bir kalite parametresi olarak yağın görünür nitelikte olmasının arzu edildiği sucuk gibi bazı et ürünlerinde, tahılların bir yağ ikamesi olarak kullanımının uygun olmayabileceği de dikkate alınmalıdır.

Hayvansal Proteinler

Peynir altı suyu proteini veya kolajenden elde edilen hayvansal proteinler, et ürünlerinin hayvansal yağ içeriğini azaltmak için etkili bir alternatif olarak görülmektedir. Bu proteinler, yüksek su ve yağ tutma kapasitesi ile emülsifiye etme ve jelleştirme gücü gibi teknolojik özelliklere sahip olduğu için et ürünlerinde hayvansal yağı azaltmanın neden olduğu kusurları önlemede etkili olabilmektedir. Farklı et ürünlerinde yağ ikamesi olarak hayvansal proteinlerin kullanıldığı bazı çalışmalar Çizelge 1'de verilmiştir.

Öztürk-Kerimoğlu vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, yağı azaltılmış emülsifiye sosislerde hayvansal yağ yerine mikro partiküllü peynir altı suyu proteini kullanılmış, hayvansal proteinin sosislerin teknolojik özelliklerini geliştirdiği ve lipit oksidasyonu ile toplam yağ ve enerji içeriğinde azalma ile protein miktarında artış sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca sosislerde sertlik azalırken renk değişikliği oluşmadığı, duyu kalitede ise değişim olmadığı tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada sodyum dodesil sülfat (SDS) ilave edilmiş peynir altı suyu protein izolatu jeli ile üretilen emülsifiye sosislerin teknolojik özellikleri ile doku profilinin geliştiği bildirilmiştir (Kwon vd., 2021). Olanwanit ve Rojanakorn (2019) emülsifiye sosislerde yağ ikame maddesi olarak

hidrolize kolajen kullandıkları bir çalışmada, emülsiyon stabilitesi ve pişirme verimi gibi teknolojik özellikler ile besin kalitesinde gelişme olduğunu tespit etmişler, yağ ve enerji içeriğinde azalma ile protein içeriğinde artış belirlemişlerdir. Ayrıca renk parametrelerinde bazı değişimler gözlenirken, %40 oranına kadar yağ ikamesinin genel kabul edilebilirlikte önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir. Gao vd. (2022) düşük yağlı sığır eti köftelerinde hayvansal yağ yerine sığır derisi jelatini kullanmışlardır. Araştırmada jelatin ilavesinin sığır köftelerinin nem ve protein içeriğini artırdığı, toplam doymuş yağ asidi içeriğinde azalmaya toplam çoklu doymamış yağ asidi miktarında ise artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmalar değerlendirildiğinde, hayvansal proteinlerin bir yağ ikame maddesi olarak kullanımının az yağlı et ürünleri üretmek için etkili bir strateji olabileceği görülmektedir. Bununla birlikte, bu stratejinin duyu kalite üzerindeki etkisinin büyük ölçüde değiştirilen yağ yüzdesine bağlı olduğu da dikkate alınmalıdır. Özellikle bazı çalışmalarda formülasyonda %50'den fazla yağ ikamesi söz konusu olduğunda duyu özellikler üzerinde olumsuz bir etki olduğu bildirilmektedir (Alves vd., 2016; Olanwanit ve Rojanakorn, 2019; dos Santos vd., 2020). Sonuçta, bu stratejinin emülsiyon haline getirilmiş ürünler için uygun olabileceği ancak tüketicinin yağ parçalarını görmeyi beklediği ve bunu bir görünüm özelliği olarak olumlu bir şekilde değerlendirdiği ürünlerde kullanımının uygun olmadığı söylenebilir.

Hidrokoloidler

Hidrokoloidler, hidroksil gruplar (OH) açısından zengin hidrofilik kolloidler olarak adlandırılmaktadır (Mahmood vd., 2017). Et ürünlerinde yağ ikamesi olarak hidrokoloidlerin kullanıldığı birçok çalışma yapılmıştır (Çizelge 2). Kim vd. (2020) yaptıkları bir çalışmada yağı azaltılmış et emülsiyonlarında üzüm çekirdeği yağı, jelatin ve aljinat kullanmışlardır. Bu uygulamanın stabiliteyi, dokuyu ve pişirme kaybını iyileştirdiği, ayrıca TBARS değerini düşürdüğü belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada emülsifiye sosislerde hayvansal yağ yerine kitre gamı ikame

maddesi olarak kullanılmıştır (Abbasi vd., 2019). Çalışmada ikame maddesi kullanılan örneklerde pişirme kaybının azaldığı, emülsiyon stabilitesi ve oksidatif stabilite ile nem içeriğinin arttığı, doku parametrelerinin değiştiği ancak renkte bir değişim görülmediği belirtilmiştir. Zhao vd. (2018) tarafından yapılan bir araştırmada ise hayvansal yağın rejenere selülozla ikamesinin emülsifiye edilmiş soslerin duyu kalitesini bozmadığı ve selülozun lipit oksidasyonunu inhibe ettiği ifade edilmiştir. Ayrıca, emülsiyon stabilitesini iyileştirdiği, su ve yağ salınımını

önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Çalışmada artan rejenere selüloz miktarlarıyla sertlik önemli ölçüde artmış, renk parametrelerinde de değişim gözlenmiştir. Zhao vd. (2023b) tarafından yapılan bir başka çalışmada domuz yağı modifiye edilmiş çapraz bağlı nişasta ile ikame edilmiş ve nişasta kullanımının emülsiyonun toplam yağ ve doymuş yağ asidi (SFA) içeriğinde azalmaya neden olduğu, su adsorpsiyonu ve şişme kabiliyeti nedeniyle daha düzenli ve yoğun protein ağ yapısı oluşturduğu, ayrıca su tutma kapasitesini de artırdığı tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Yağ ikamesi olarak hidrokolloidler, yenilebilir mantarlar ve organojellerin kullanımı

Yağ Maddesi	İkame Oranı	Et Ürünü	Sonuçlar			Kaynak
			Fizikokimyasal	Duyusal	Besinsel	
Selüloz nanolif	%30 %50	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> • Su tutma oranında artış • Pişirme kaybı ve kırmızılıkta azalma 	<ul style="list-style-type: none"> • Tekstürün gelişimi 	-	Wang vd. (2018)
Rejenere selüloz	%0,4 %0,8 %1,2	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> • Su ve yağ salınımında azalma 	<ul style="list-style-type: none"> • Sertlikte artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Toplam yağ içeriğinde azalma 	Zhao (2018)
Kitre gamı	%0,25 %0,5 %1	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> • Pişirme kaybında azalma • Emülsiyon stabilitesinde artış • Nem içeriğinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Duyusal kalitede değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ içeriğinde azalma 	Abbasi (2019)
<i>Flammulina velutipes</i> yağ/ su emülsiyonu	%5 %10 %15 %20 %25 %30 %37	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> • Nem içeriğinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • %20 veya daha az bir seviyede duyu özelliklerini olumsuz etkisi yok 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ içeriğinde azalma • Protein içeriğinde artış 	Yang (2019)
İstiridye mantarı (<i>Pleurotus eryngii</i>)	%100	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> • Su tutma kapasitesinde artış • Pişirme kaybında artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Duyusal kalitede azalma 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ içeriği ve enerji değerinde azalma 	Wang (2019)
Etül selüloz ve adipik asit-soya fasulyesi yağı oleojelleri	%50	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Sarılıkta artış • Kırmızılıkta azalma 	<ul style="list-style-type: none"> • Sertlikte artış • Genel kabulde azalma 	-	Adili (2020)
Karnauba mumu ve adipik asit-soya fasulyesi yağı oleojelleri	%50	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Sarılıkta artış • Kırmızılıkta azalma 	<ul style="list-style-type: none"> • Sertlikte artış • Genel kabulde azalma 	-	Aliasl khiabani (2020)
Prosella®-kaplan cevizi yağı hidrojel	%50 %100	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Parlaklık ve sarılıkta artış • Nemde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Benzer duyu kabul 	<ul style="list-style-type: none"> • Toplam yağ içeriği ve enerji değerinde azalma 	Barros (2020)

<i>Agaricus bisporus</i> ve <i>Pleurotus ostreatus</i>	%30 %50	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> Nem içeriğinde artış Lipid oksidasyon stabilitesi 	<ul style="list-style-type: none"> Yumuşak tekstür 	<ul style="list-style-type: none"> Besin kalitesinde artış 	Cerón-Guevara (2020)	vd.
Keten tohumu yağı ve balmumu, γ -oryzanol, β -sitosterol oleojelleri	%20 %40	Fermente sosis	<ul style="list-style-type: none"> Renk parametrelerinde değişim 	<ul style="list-style-type: none"> Sertlikte azalma Genel kabulde artış 	<ul style="list-style-type: none"> Yağ içeriğinde değişim yok PUFA'da artış 	Franco (2020)	vd.
Balmumu veya etil selüloz- yağ karışımı (zeytin, keten ve balık) oleojelleri	%100	Burger	<ul style="list-style-type: none"> Lipid oksidasyonunda azalma 	<ul style="list-style-type: none"> Genel kabulde azalma 	<ul style="list-style-type: none"> SFA'da azalma MUFA ve PUFA'da artış 	Gómez-Estaca (2020)	vd.
Jelatin ve aljinat, üzüm çekirdeği yağı	%1	Et emülsiyonu	<ul style="list-style-type: none"> Emülsiyon stabilitesi ve pişirme kaybında iyileşme 	<ul style="list-style-type: none"> Tekstür profilinde gelişme 	-	Kim (2020)	vd.
Gellan sakızı, kestane unu- chia yağı hidrojel	%5 %10	Burger	<ul style="list-style-type: none"> Pişirme veriminde artış Nem içeriği değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> Sertlik ve çignenebilirlikte azalma Benzer duyuşal kabul 	<ul style="list-style-type: none"> SFA'da azalma MUFA ve/veya PUFA'da artış 	Lucas-González (2020)	vd.
Keten tohumu yağı -balmumu oleojeli	%30 %60	Ezme	<ul style="list-style-type: none"> Nemde artış 	<ul style="list-style-type: none"> Sertlikte azalma Duyusal kabulde azalma 	<ul style="list-style-type: none"> Protein ve yağ içeriklerinde azalma 	Martins (2020)	vd.
Zeytinyağı- aljinat ve karragenanla hidrojel	%5 %10 %15	Burger	<ul style="list-style-type: none"> Lipid oksidasyonunda azalma Nemde artış 	<ul style="list-style-type: none"> Sertlikte azalma Genel kabulde düşüş 	<ul style="list-style-type: none"> SFA'da azalma MUFA ve PUFA'da artış 	Özer ve Çeleğen (2020)	ve
Zeytinyağı-chia yağı karışımı- balmumu oleojel	%80	Fermente sosis	<ul style="list-style-type: none"> Lipid oksidasyonda artış 	<ul style="list-style-type: none"> Sertlikte azalma Genel kabulde azalma 	<ul style="list-style-type: none"> Toplam yağ içeriğinde azalma PUFA'da artış 	Pintado ve Cofrades (2020)	ve
Aljinat bazlı, chia unu veya yulaf kepeği - zeytinyağı hidrojel	%80	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> Lipid oksidasyonunda azalma Kırmızılıkta azalma Sarılıkta artış 	<ul style="list-style-type: none"> Benzer kesme kuvveti 	<ul style="list-style-type: none"> Yağ içeriği ve enerji değerinde azalma 	Pintado (2020)	vd.
Domuz derisi, bambu lifi ve inülin- kanola yağı ile hidrojel	%50 %100	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> L* değerinde artış a* değerinde azalma 	<ul style="list-style-type: none"> Tekstürde değişim yok %50 yağ değişimi duyuşal kabulü etkilememiş 	<ul style="list-style-type: none"> SFA'da azalma PUFA'da artış 	dos Santos vd. (2020)	
Prosella®-zeytin, kanola ve soya fasulyesi yağı hidrojel	%50	Fermente sosis	<ul style="list-style-type: none"> Lipid oksidasyonunda değişim yok Nemde azalma 	<ul style="list-style-type: none"> Genel kabul edilebilirlikte artış 	<ul style="list-style-type: none"> SFA'da azalma MUFA veya PUFA'da artış 	Vargas-Ramella (2020b)	vd.
Prosella®- alg ve/veya buğday tohumu yağları hidrojel	%100	Burger	<ul style="list-style-type: none"> Nemde artış 	<ul style="list-style-type: none"> Benzer duyuşal kabul 	<ul style="list-style-type: none"> Toplam yağ içeriği ve enerji değerinde azalma 	Barros (2021)	vd.

Et ürünlerinde hayvansal yağ ikamesi

<i>Agaricus bisporus</i> ve <i>Pleurotus ostreatus</i>	%50	Karaciğer ezme	<ul style="list-style-type: none"> • Emülsiyon stabilitesinde gelişim 	<ul style="list-style-type: none"> • %50 yağ değişimi duyusal kabulü etkilememiş 	<ul style="list-style-type: none"> • Diyet lifi ve proteinde artış • Yağda azalma 	Cerón-Guevara vd., (2021)
Prosella®-avokado ve kabak çekirdeği yağları hidrojel	%100	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Parlaklık ve kırmızılıkta azalma • Nemde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Benzer duyusal kabul 	<ul style="list-style-type: none"> • Toplam yağ içeriği ve enerji değerinde azalma 	Cittadini vd. (2021)
Chia müsülajı, aljinat bazlı ajan, peynir altı suyu proteini ve/veya kollajen karışımı-zeytinyağı hidrojel	%100	Salam	<ul style="list-style-type: none"> • Lipid oksidasyonda artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Tam ikame ile kabulde değişim yok • Sertlik azalmış 	<ul style="list-style-type: none"> • SFA'da azalma • MUFA ve/veya PUFA'da artış 	Câmara vd. (2021)
Gliseril monostearat-ayçiçek yağı oleojeli	%25 %50 %75 %100	Salam	<ul style="list-style-type: none"> • Sarılıkta artış • Kırmızılıkta azalma 	<ul style="list-style-type: none"> • Duyusal kalitede değişim yok 	<ul style="list-style-type: none"> • SFA'da azalma • MUFA ve PUFA'da artış 	Ferro vd. (2021)
<i>Auricularia cornea</i>	%25 %50 %75 %100	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> • Pişirme kaybında artış • Nem içeriğinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Sertlik ve kohesivlikte azalma • Çiğnenebilirlik ve elastikiyette artma 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ içeriği ve enerji değerinde azalma 	Fu vd. (2021)
Balmumu- kolza yağı oleojeli	%100	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Parlaklık ve sarılıkta artış • Nem içeriğinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Sertlikte azalma 	<ul style="list-style-type: none"> • Toplam yağ içeriğinde azalma 	Gao vd. (2021)
Polisakarit hidrokolloidler ve meyve kabuğu unları	%2 %3	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Nem içeriğinde artış • Büzülmede azalma • Pişirme veriminde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Sertlik ve çiğnenebilirlikte artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ içeriğinde azalma 	Mousa vd. (2021)
İnülin, yumurta akı tozu ve jelatin karışımı- yer fıstığı ve keten tohumu yağı hidrojel	%50 %100	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> • Oksidatif stabilitede azalma • Nem içeriğinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Duyusal kabulde artış • Sertlik artmış 	<ul style="list-style-type: none"> • Toplam yağ ve enerji içeriği azalma 	Nacak vd. (2021)
İnülin, jelatin, yumurta akı tozu ve mikrobiyal transglutaminaz - yer fıstığı ve keten tohumu yağı karışımı hidrojel	%50 %100	Isıl işlem görmüş sucuk	<ul style="list-style-type: none"> • Oksidatif bozulma, nem içeriğinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Benzer sertlik • Benzer duyusal kabul 	<ul style="list-style-type: none"> • Protein ve PUFA'da artış • Yağ içeriği ve SFA'da azalma 	Öztürk-Kerimoğlu vd. (2021)
Ayçiçeği/kimyion yağı karışımı-karnauba mumu oleojeli	%25 %50 %75	Köfte	<ul style="list-style-type: none"> • Lipid oksidasyonunda artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Sertlikte azalma • Genel kabulde artış 	-	Palamutoğlu (2021)
<i>Agaricus bisporus</i>	%5 %10 %15	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek pişirme verimi • Çapta küçülmenin azalması 	<ul style="list-style-type: none"> • Yumuşak tekstür • Duyusal kalitede gelişme 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağda azalma 	Patinho vd. (2021)

Soya proteini izolatu ve aljinat-zeytinyağı hidrojel	%100	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> • L* ve b* değerinde düşüş • a* değerinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Tam ikame ile kabulde azalma • Sertlik ve çignenebilirlikte artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Toplam yağ içeriğinde azalma 	Pintado vd. (2021)
Prosella®-zeytinyağı hidrojel	%100	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Sarılık ve kırmızılıkta artış • Nemde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Benzer duyusal kabul 	<ul style="list-style-type: none"> • Lipid profilinde gelişme 	Teixeira vd. (2021)
Prosella®- fıstık ve hindistan cevizi yağları hidrojel	%100	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Parlaklık ve sarılıkta artış • Nemde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Benzer duyusal kabul 	<ul style="list-style-type: none"> • Toplam yağ içeriği ve enerji değerinde azalma 	Foggiaro vd. (2022)
Etilselüloz oleojel ve nişasta hidrojel ile farklı oranlarda bigelleri	%25 %50 %100	Burger	<ul style="list-style-type: none"> • Lipid oksidasyonunda artma • Büzülme değerinde azalma 	<ul style="list-style-type: none"> • %50 oranına kadar kabul edilebilir duyusal özellikler • Sertlik ve çignenebilirlik artmış 	-	Ghiasi ve Golmakani (2022)
Soya proteini ve inülin-soya fasulyesi yağı hidrojel	%50 %100	Salam	<ul style="list-style-type: none"> • Lipid oksidasyonda artış • Parlaklıkta artış • Kırmızılıkta azalma 	<ul style="list-style-type: none"> • Tam ikamede kabulde değişim yok • Sertlik azalmış 	<ul style="list-style-type: none"> • SFA'da azalma • MUFA ve/veya PUFA'da artış 	Paglarini vd. (2022)
Mantar polisakarit özü	%50 %100	Köfte	<ul style="list-style-type: none"> • Nem tutma iyileşmiş • Pişirme verimi korunmuş 	<ul style="list-style-type: none"> • Sertlik ve çignenebilirlikte artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ içeriğinde azalma 	See Toh vd. (2023)
Tapyoka nişastası	%25 %50 %75 %100	Domuz eti emülsiyonu	<ul style="list-style-type: none"> • Su tutma kapasitesinde artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Sertlik ve çignenebilirlikte artış 	<ul style="list-style-type: none"> • Toplam yağ içeriğinde azalma • SFA'da azalma 	Zhao vd. (2023b)
κ-karragenan zeytinyağı oleojel ve jelatin hidrojel bigelleri	%50	Sosis	<ul style="list-style-type: none"> • Ağırlık kaybında artma • nem içeriği ve su aktivitesinde artma 	<ul style="list-style-type: none"> • % 2 karragenan ve %4 jelatin içeren hidrojel bigellerinde en yüksek sertlik 	<ul style="list-style-type: none"> • Yağ içeriği ve enerji değerinde azalma 	Zampouni vd. (2024)

Mousa vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada yağ azaltılmış sığır eti burgerlerinde yağ ikamesi olarak hidrokolloidlerden ve meyve kabuğu unlarından ikili ve üçlü kompozitler kullanılarak %95 yağsız burgerlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmacılar arap zamkı, karboksimetil selüloz ve nar unu üçlü kompozitinin en yüksek nem ve lif içeriği ile en düşük enerji ve büzülme değerlerini sağladığını bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra en yüksek sertlik, yapışkanlık ve esneklik bu kompozit grubunda belirlenmiş ve bu grubun kontrol örneklerine benzerlik gösterdiği ifade edilmiştir. Diğer bir etkili uygulama ise Wang vd. (2018) tarafından

selüloz nanolifi kullanılarak %50 oranında yağ azaltılmış emülsifiye sosislerde belirlenmiştir. Sosislerin nem içeriğinde artış, pişirme kaybı ve kırmızılıkta azalma ile tüm tekstürel parametrelerde kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek değerlerin elde edildiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, az yağlı et ürünlerinin formülasyonunda hidrokolloidlerin kullanılması fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özelliklerde önemli değişimler meydana getirebilmektedir. Bunlar arasında renk değişimleri, azalan pişirme kayıpları ve artan emülsiyon stabilitesi ile reolojik ve tekstürel parametrelerdeki gelişim sayılabilir.

Duyusal kalite düşünüldüğünde ise kullanılan hidrokoloid ile kullanım oranı etkili olabilmektedir. Ayrıca, bu stratejinin uygulanması emülsifiye tip et ürünlerinde daha kolayken, tüketici kabulü için yağ görünümünün önemli olduğu diğer et ürünlerinde daha zor olabilmektedir.

Yenilebilir Mantarlar

Yenilebilir mantarların, protein ve diyet lifi bakımından zengin olduğu bildirilmektedir (Pérez-Montes vd., 2021). Bu nedenle mantarlar et ürünlerinde yağ ikamesinin neden olduğu kusurları azaltmak için büyük bir potansiyele sahiptir. Fakat et ürünlerinde kullanılacak olan yenilebilir mantarların enzimatik esmerleşmeyi önlemek için ağartma işleminden geçmesi gerektiği ifade edilmiştir (Kurt ve Gençcelep, 2018). Ayrıca, yenilebilir mantarlarda mikrobiyal bozulmayı engellemek için kullanım öncesinde nem içeriğinin azaltılması gerekli olmakla beraber, bu işlem diyet lifleri ve proteinlerin konsantrasyonu açısından da avantajlı olabilmektedir (Alnoumani vd., 2017). Yenilebilir mantarların bir diğer avantajı da yüksek oranda umami bileşikler içermesi olup, bu durum et ürünlerindeki yağ ve sodyum içeriklerinin ikamesinde üründe meydana gelen lezzet değişimini kısmen azaltabilmektedir (Dominguez vd., 2022). Yenilebilir mantarların sağlığa olan faydaları bilinmesine rağmen, et ürünlerinde hayvansal yağ ikame maddesi olarak kullanılmaları oldukça yeni bir yaklaşımdır.

Farklı et ürünlerinde yenilebilir mantarların hayvansal yağ ikamesi olarak kullanıldığı çalışmalar Çizelge 2'de verilmiştir. Wang vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada domuz sosislerindeki hayvansal yağın tamamını ikame etmek için çiğ ve farklı şekilde pişirilmiş istiridye mantarı (*Pleurotus eryngii*) kullanılmıştır. Mantar ikamesinin ürünlerin yağ içeriği ve enerji değerini düşürmesinin yanı sıra artan protein ve diyet lifi içerikleri gibi başka beslenme avantajları da sağladığı ifade edilmiştir. Ayrıca mantarların yağ ikame edici olarak kullanılması domuz eti sosislerinin rengini olumsuz yönde etkilememekle birlikte, sosislerin tekstürünün, pişirme kaybı ve su tutma kapasitesinin mantarlara uygulanan ön

işleme bağlı olarak değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. Diğer yandan yağın mantar ile ikamesinin sosislerin duysal kalitesinde azalmaya yol açtığı da gözlenmiştir. Yang vd. (2019) yaptıkları bir çalışmada yağ ikame maddesi olarak *Flammulina velutipes* mantarının emülsifiye sosiste kullanımı ile ürün üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Hayvansal yağ yerine mantar kullanılarak üretilen sosislerin nem ve protein içeriğinde artış, yağ içeriğinde azalma görüldüğü bildirilmiştir. Ayrıca artan ikame oranı ile pişirme kayıpları önemli ölçüde azalmış, ikame miktarı %20'den az olduğunda ise sosislerin sertliği ve çignenebilirliği azalmasına rağmen elastikiyet ve kohesivlik gelişmiştir. Araştırmacılar emülsifiye sosislerde duysal özelliklerde olumsuz bir etki olmadan %20 veya daha az bir seviyede yağ ikamesi olarak *Flammulina velutipes* mantarının etkili bir şekilde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Patinho vd. (2021) dana burgerlerdeki yağ içeriğini %25, %50 ve %75 oranında pişirilmiş mantar (*Agaricus bisporus*) ile değiştirdikleri bir çalışmada, daha yüksek verim ve daha düşük çap küçülmesi belirlemişlerdir. Burgerlerin pişirme özelliklerinde iyileşme olduğu, bununla birlikte daha kırmızı ve koyu bir renk ile daha yumuşak bir tekstürün belirlendiği rapor edilmiştir. Araştırmacılar, yağın %50 veya %75 oranında *Agaricus bisporus* ile değiştirilmesinin daha sulu, yumuşak ve lezzetli olarak nitelendirilen burgerlere sebep olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise emülsifiye sosislerdeki yağ içeriğinin %30 veya %50 oranında ikame edilmesinde farklı iki mantar (*Agaricus bisporus* ve *Pleurotus ostreatus*) ununun etkisi incelenmiştir. Mantar ununun kullanımı sosislerin besin kalitesini artırmış, fakat daha koyu bir renk ile daha yumuşak bir tekstüre sebep olmuştur (Cerón-Guevara vd., 2020). Yine aynı araştırmacılar tarafından yapılan bir başka çalışmada ise ciğer ezmesinde yağ içeriği %50 oranında *Agaricus bisporus* ve *Pleurotus ostreatus* unları ile ikame edilmiştir. Mantar unularının kullanımı emülsiyon stabilitesini iyileştirmesine rağmen rengi olumsuz yönde etkilemiş, nem, karbonhidrat, diyet lifi ve protein içeriklerini artırmıştır. Çalışmada %7,5 oranında mantar unu kullanımının aroma ve tat parametreleri için kabul

edilebilir puanlar aldığı bildirilmiştir (Cerón-Guevara vd., 2021).

Fu vd. (2021) yaptıkları bir çalışmada pişirilmiş sosislerde domuz yağı ikamesi olarak *Auricularia cornea* mantarının kullanımını değerlendirmişlerdir. *Auricularia cornea* kullanımı, pişirilmiş sosislerde protein ve nem içeriğinin yanı sıra pişirme kaybı, su tutma kapasitesi gibi teknolojik özellikler ile tekstürel özelliklerden elastikiyet ve çignenebilirlikte artışa neden olmuştur. Ayrıca mantar ikameli sosislerin tümü duyuşal açıdan kabul edilebilir olarak değerlendirilmiş, bununla birlikte en yüksek duyuşal puanların %75 *Auricularia cornea* kullanılan grupta elde edildiği ifade edilmiştir. See Toh vd. (2023) yaptıkları bir araştırmada gıda uygulamaları için yağ ikamesi olarak mantardan elde edilen β -glukan ve unların kullanılabilirliğini incelemişlerdir. β -glukan ve kurutulmuş mantar tozunun piliç köftelerinde kullanımının nem tutmayı iyileştirdiği, pişirme verimini ve gıda matrisinin genel yapısını koruduğu tespit edilmiştir. β -glukan ekstraktları ve kurutulmuş mantar tozu ile yağ ikameli piliç köftelerinin sertlik ve çignenebilirlik parametrelerindeki artışların, mantarın cinsine ve köfteye eklenen ekstrakt miktarına göre değiştiği ifade edilmiştir.

Araştırmalar incelendiğinde et ürünlerinde bir yağ ikame maddesi olarak mantar kullanımının, genel itibarıyla protein ve nem içerikleri ile diyet lifi miktarını artırırken yağ içeriğini azalttığı ve böylelikle de besinsel kalitede iyileşme sağladığı görülmektedir. Bununla birlikte mantar kullanımının oksidasyonu ve mikrobiyal gelişimi artırarak raf ömrünü azaltabileceği dikkate alınmalıdır. Duyusal açıdan ise kullanılan mantar çeşidine, kullanım oranına ve kullanıldığı ürüne bağlı olarak farklı etkiler bildirilmiştir. Sonuçta bu strateji, beslenme açısından ümit verici sonuçlar sağlamasına rağmen, fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerin değerlendirildiği daha fazla çalışmaya da ihtiyaç vardır.

Organojeller

Son yıllarda hayvansal yağın kıvam, görsellik, renk gibi özelliklerini taklit edebilecek yağ ikame maddelerinin üretilmesini ve kullanılmasını içeren

stratejilere odaklanan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu kapsamda, daha sağlıklı olarak nitelendirilen çeşitli sıvı yağların veya bunların karışımlarının bir jel ağı içerisinde immobilize edildiği iki farklı tip yağ ikame maddesi dikkat çekmektedir. Bunlardan birisi sıvı yağların oleojelatörler yardımıyla üç boyutlu bir ağ içerisinde tutulduğu oleojellerdir. Diğer bir jel tipi olan emülsiyon hidrojelleri ise jelleştirici maddeler kullanılarak su/yağ emülsiyonunun bir jel yapısında hapsedildiği maddelerdir (Domínguez vd., 2021a). Emülsiyon hidrojelinin oluşturulmasında kullanılan jelleştirici ajanlar, önceki bölümlerde adı geçen çeşitli proteinleri, polisakkaritleri, hidrokolloidleri ve bunların karışımlarını içermektedir. Önceden ele alınan bölümlerin aksine, bunların kullanımı emülsiyonu jelleştirmek amacıyla. Ayrıca, her bir jelleştirme ajanının veya oleojelatörün türü, özellikleri, kombinasyonu ve oranları hem emülsiyon hidrojelinde hem de oleojellerde farklı jel özelliklerinin elde edilmesiyle sonuçlanmaktadır. Oleojellerin yağ içeriği genellikle %90'dan fazla olduğu için kullanıldığı ürünlerde toplam yağ içeriğinde önemli bir azalma olmadığı, hidrojel emülsiyonlarında ise yağ içeriğinin yaklaşık %50 veya daha az olması sebebiyle nihai ürünlerdeki toplam yağ içeriğinde önemli bir azalma meydana geldiği bildirilmektedir (Domínguez vd., 2021a). Oleojellerin veya emülsiyon hidrojellerinin özelliklerini ve potansiyel kullanımını derinlemesine tartışan çok sayıda inceleme çalışması mevcuttur (López-Pedrouso vd., 2021; Domínguez vd., 2021b; Herrero ve Ruiz-Capillas, 2021; Serdaroğlu, 2021; Abdullah vd., 2022; Li vd., 2022).

Farklı et ürünlerinde organojellerin hayvansal yağ ikamesi olarak kullanıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Çizelge 2). Sığır eti burgerlerinde hayvansal yağın %50'sinin soya fasulyesi yağı oleojelleri ile değiştirildiği çalışmalardan birinde jelleştirme ajanı olarak etil selüloz ve adipik asit karışımı (Adili vd., 2020) diğerinde ise karnauba mumu ve adipik asit kullanılmıştır (Aliasl khiabani vd., 2020). Her iki çalışmada da yağın ikame edilmesiyle et ürününün sertliği artarken, sarılıkta artış ve kırmızılıkta düşüş olduğu bildirilmiştir. Ayrıca burgerlerin genel kabul edilebilirliğinde

azalma olduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada domuz eti burgerlerinde yağ ikamesi için balmumu veya etil selüloz kullanılarak bir yağ karışımı (zeytin, keten ve balık) ile yapılan oleojel kullanılmıştır (Gómez-Estaca vd., 2020). Bu çalışmada, burgerlerde oleojellerin kullanımının SFA'yı önemli ölçüde azaltırken, tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) ile çoklu doymamış yağ asitlerini (PUFA) artırdığı bildirilmiştir. Bununla birlikte oleojel içeren burgerlerde duyuşal açıdan tat parametresinde düşük puanlar elde edilmesi nedeniyle, genel kabul edilebilirlikte bir azalma olduğu ifade edilmiştir. Gao vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada ise balmumu ve kolza yağı ile oluşturulan oleojeller sığır kalp eti burgerlerinde yağ ikamesi olarak kullanılmıştır. Burgerlerde oleojel kullanımının parlaklık ve sarılık parametrelerinde artış meydana getirdiği belirlenmiştir. Diğer yandan yağın oleojelle ikame edilmesi nem içeriğinde artışa ve toplam yağ içeriğinde azalmaya neden olurken, protein içeriğinde bir değişim gözlenmemiştir. Burgerlerde yapılmış bu iki çalışmada da hayvansal yağ yerine oleojel kullanımıyla sertliğin azaldığı, lipid oksidasyonunun arttığı tespit edilmiştir. Bu stratejiyle Palamutoğlu (2021) tarafından yapılan bir diğer araştırmada ise ayçiçeği/kimyon yağı karışımı ve karnauba mumu ile üretilen oleojel, dana eti köftelerindeki hayvansal yağın ikamesi için kullanılmıştır. Çalışmada lipid oksidasyonunda önemli bir artış ve sertlikte azalma gözlenmişken, duyuşal açıdan genel kabul edilebilirlikte artış sağlandığı tespit edilmiştir.

Ferro vd. (2021) yaptıkları bir araştırmada gliseril monostearat ile immobilize edilmiş ayçiçek yağı oleojelini salamlarda kısmi veya tam yağ ikamesi için kullanmışlardır. Oleojel kullanımının toplam yağ içeriğini değiştirmedeği, ancak yağ profili açısından SFA'yı azaltarak, MUFA veya PUFA'yı artırdığı belirlenmiştir. Ayçiçek yağı oleojeli içeren salamlarda renk parametrelerinden sarılığın artış, kırmızılığın ise azalma gösterdiği fakat duyuşal olarak kontrole kıyasla herhangi bir farklılık olmadığı bildirilmiştir. Kuru fermente sosislerde zeytinyağı-chia yağı karışımı ve balmumu ile oluşturulan oleojelin (Pintado ve Cofrades, 2020) ve keten tohumu yağı ve balmumu veya sterol

bazlı oleojelatörler (γ -oryzanol & β -sitosterol) ile oluşturulan oleojellerin kullanıldığı (Franco vd., 2020) çalışmalar mevcuttur. Pintado ve Cofrades (2020), %80 oranında hayvansal yağ ikamesinin toplam yağ içeriğinde azalmaya ve lipid oksidasyonunda bir artışa neden olduğunu, Franco vd. (2020) ise hayvansal yağın %20 veya %40 oranında değiştirilmesinin yağ içeriğinde herhangi bir etki oluşturmadığını ifade etmişlerdir. Her iki çalışmada da yeniden formüle edilen sosislerde PUFA miktarının arttığı, SFA ve MUFA'da bir azalma görüldüğü bildirilmiştir. Bununla birlikte, oleojelatör olarak balmumunun kullanılması, kuru fermente sosislerde nem içeriğini ve sarılığı artırırken, sertliği azaltmış böylelikle genel kabul edilebilirlikte azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Martins vd. (2020) ise keten tohumu yağı ve balmumu ile oluşturulan oleojelin domuz ciğeri ezmesinde kullanımının nemde artışa, sarılık ile protein ve yağ içeriklerinde azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada da PUFA'da önemli bir artış, SFA ve MUFA'da ise azalma görülmüştür. Bununla birlikte ezmelerin sertliğinde ve duyuşal kabulünde bir azalma olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak et ürünlerinde yağ ikame maddesi olarak oleojel kullanım stratejisinin, tekstürel ve fiziksel özelliklerde değişimlere neden olabileceği görülmektedir. Özellikle ürünlerin sertliğindeki azalma ve renk açısından sarılığındaki artış dikkat çekmektedir. Ayrıca ürünlerdeki lipid oksidasyonunda da artış bildirilmektedir. Yüksek yağ içeriği (yaklaşık >%90) nedeniyle oleojel kullanımı et ürünlerinde toplam yağ içeriğini önemli oranda değiştirmemekte fakat SFA'da net bir azalma, MUFA ve/veya PUFA'da artış sağlamaktadır. Bütün bunlarla beraber ürünün genel kabul edilebilirliğinde bir azalma olduğunu da vurgulamak gerekir.

Oleojeller kadar hidrojenlerin de burger ve sosisler gibi birçok et ürününde yağ ikamesi olarak kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Burgerlerin hidrojenler ile yeniden formüle edilmesinde aljinat bazlı Prosella® adlı ticari bir jelleştirici maddenin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu jelleştirici madde ile farklı yağlar kullanılarak oluşturulan hidrojenlerin bir hayvansal yağ ikamesi

olarak farklı formülasyonlara sahip burgerlerde kullanımına yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Barros vd., 2020; 2021; Cittadini vd., 2021; Teixeira vd., 2021; Foggiaro vd., 2022). Bu çalışmaların birçoğunda lipid oksidasyonunun hidrojel kullanımından etkilenmediği bildirilmiştir. Diğer yandan renk açısından önemli değişikliklerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Hidrojel kullanılarak yağın ikame edilmesi sığır eti ve domuz eti burgerlerinde parlaklığı ve sarılığı artırırken (Barros vd., 2020; Foggiaro vd., 2022), at etinden üretilen burgerlerde parlaklığı ve kırmızılığı azaltmıştır (Cittadini vd., 2021). Ayrıca keçi eti burgerlerinde sarılığı ve kırmızılığı artırdığı gözlenmiştir (Teixeira vd., 2021). Bu renk farklılıkları muhtemelen kullanılan et türünün yanı sıra hidrojel oluşturmada kullanılan yağların renk özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Çalışmalarda belirlenen bir diğer dikkat çekici sonuç ise hayvansal yağın hidrojel kullanılarak ikame edilmesinin tekstürel özelliklerde önemli değişimlere neden olmamasıdır. Bununla birlikte genel olarak burgerlerin tümünde nem içeriğinde artış, toplam yağ içeriği ve enerji değerinde bir azalma meydana gelmiş, protein içeriği ya değişmemiş ya da azalma eğilimi göstermiştir. Ayrıca tüm çalışmalarda kullanılan hidrojele bağlı olarak SFA içeriğinde azalma, MUFA ve/veya PUFA içeriğinde artış ile lipid profilinde gelişme gözlemlendiği bildirilmiştir.

Benzer sonuçlar burgerlerde farklı jelleştirici maddeler kullanılarak oluşturulan hidrojellerin kullanıldığı diğer bazı çalışmalarda da tespit edilmiştir. Örneğin, jelleştirici ajanlar olarak gellan sakızı ve kestane unu kullanılarak chia yağından oluşturulan emülsiyon hidrojelinin domuz eti burgerlerinde hayvansal yağ ikamesi olarak kullanıldığı bir çalışmada parlaklık ve sarılıkta artış, kırmızılık ve sertlikte ise azalma tespit edilmiştir (Lucas-González vd., 2020). Özer ve Çelegen (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ise dana eti burgerlerinde hayvansal yağın kısmen veya tamamen aljinat ve karragenanla oluşturulan zeytinyağı emülsiyon hidrojelini ile ikame edilmesinin, lipid oksidasyonunu etkilemediği, ürünün kırmızılığında ve parlaklığında değişikliklere neden olduğu ve sertliği azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca yağ asidi profilinde

iyileşmenin (SFA'da azalma, MUFA ve PUFA'da artış) yanı sıra nem içeriğinde artış, yağ içeriği ve enerji değerinde ise düşüş tespit edilmiştir. Diğer yandan araştırmada hidrojel kullanılarak üretilen burgerlerin tüketici tarafından kabul edilebilirlik puanlarının, kontrol numunelerine kıyasla daha düşük olduğu ifade edilmiştir.

Sosis üretiminde domuz derisi, bambu lifi ve inülin kullanılarak oluşturulan kanola yağı hidrojelinin hayvansal yağ ikamesi olarak kullanıldığı bir çalışmada, %50 oranında yapılan ikamenin genel kabul edilebilirlikte önemli farklılıklar oluşturmadığı, fakat %100 ikamenin azalmaya yol açtığı gözlenmiştir (dos Santos vd., 2020). Diğer bir çalışmada ise inülin, yumurta akı tozu ve jelatin karışımı kullanılarak yer fıstığı ve keten tohumu yağı ile hidrojel oluşturulmuş ve emülsifiye edilmiş sosislerde yağ ikamesi olarak kullanılmıştır (Nacak vd., 2021). Sosislerde hayvansal yağın kısmen veya tamamen hidrojel ile değiştirilmesinin ürünün genel kabul edilebilirliğini artırdığı tespit edilmiştir. Hayvansal yağın zeytinyağı hidrojelini ile ikamesinin araştırıldığı bazı çalışmalarda ise farklı jelleştirici ajanlar kullanılmıştır. Yapılan bir çalışmada soya proteini izolatu ve aljinat bazlı jelleştiriciler ile oluşturulan zeytinyağı hidrojelini frankfurter tipi sosislerde (Pintado vd., 2021), bir diğer çalışmada ise chia müsülajı, aljinat bazlı ajan, peynir altı suyu proteini ve/veya kollajen karışımı ile oluşturulan zeytinyağı hidrojelini salamlarda kullanılmıştır (Cámara vd., 2021). Frankfurter tip sosislerde tam ikamenin tüketici kabulünde azalmaya yol açtığı, bununla birlikte salamlarda duyu kalitenin değişmediği bildirilmiştir.

Paglarini vd. (2022) yaptıkları bir çalışmada salamlarda besin profilini geliştirmek için soya proteini ve inülin kullanılarak soya fasulyesi yağı hidrojelini kullanımını incelemişlerdir. Araştırmacılar hem tam hem de kısmi yağ ikamesinin duyu kalitede düşüslere sebep olmasına rağmen kontrol numunelerine göre anlamlı bir fark oluşturmadığını ifade etmişlerdir. İncelenen bu çalışmaların tümünde genel olarak hidrojel kullanımının ürünlerde lipid oksidasyonunda önemli bir artışa sebep olduğu, parlaklıkta artış ve kırmızılıkta ise azalmaya yol

açtığı bildirilmiştir. Ayrıca ürünlerin nem içeriğinde artış, toplam yağ içeriği ile enerji değerinde düşüş gözlenmiştir. SFA'da azalma, MUFA ve/veya PUFA'da bir artış olduğu, ancak lipid profilinin ürünlere göre farklılık gösterdiği, bunun da kullanılan yağa bağlı olduğu bildirilmiştir. Diğer yandan hidrojel kullanımı ile salamlarda sertlik azalırken, emülsifiye sosislerde artmış, Frankfurter tipi sosislerde ise farklılık gözlenmemiştir.

Hayvansal yağ yerine emülsiyon hidrojelleri kullanılarak yeniden formüle edilmiş taze veya fermente sosisler üzerine yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır. Pintado vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada jelleştirici ajanlar olarak aljinat, chia unu veya yulaf kepeği kullanılarak zeytinyağı hidrojelleri oluşturulmuş ve taze sosislerde (longaniza) %90 oranında hayvansal yağ yerine kullanılmıştır. Hidrojel kullanımı sosislerin tekstürü üzerinde herhangi bir etki meydana getirmezken, lipid oksidasyonunu ve kırmızılığı (chia unu kullanılan hidrojelde) azaltmış, sarılığı ise artırmıştır. Ayrıca nem içeriğinin arttığı, protein ve yağ içeriği ile enerji değerinin düştüğü, lipid profilinde ise doymuş yağ asitlerinin azaldığı bildirilmiştir. Öztürk-Kerimoğlu vd. (2021) ısıtma işlemi görmüş sucukta inülin, jelatin, yumurta akı tozu ve mikrobiyal transglutaminaz jelleştirici ajanlarında immobilize edilmiş yer fıstığı ve keten tohumu yağı karışımı ile oluşturulan hidrojelleri kullanmışlardır. Araştırmacılar oksidasyon, nem içeriği, protein ve PUFA'da önemli bir artış, yağ içeriği, enerji değeri ve SFA'da ise azalma bildirmişlerdir. Bununla birlikte yer fıstığı ve keten tohumu ile oluşturulan emülsiyon hidrojel kullanımının ısıtma işlemi görmüş sucukların genel kalitesini etkilemediğini tespit etmişlerdir. Benzer sonuçların elde edildiği kuru fermente sosislerde yapılan bir başka çalışmada soya proteini izolatu ve jelatin ile jelleştirilen zeytinyağı ve chia yağı emülsiyon hidrojel karışımı kullanılmıştır (Pintado ve Cofrades, 2020). Duyusal analiz sonucunda zeytin ve chia yağı emülsiyon hidrojel kullanımının kuru fermente sosislerde genel kabulde önemli bir düşüşe neden olduğu belirlenmiştir.

Vargas-Ramella vd. (2020b) ticari bir jelleştirici ajan olan Prosella® kullanarak zeytin, kanola veya soya fasulyesi yağları ile oluşturulan hidrojellerin hayvansal yağ ikame maddesi olarak kuru fermente sosislerde etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada lipid oksidasyonunda herhangi bir değişiklik olmadığı bildirilmişken, yağ içeriği ve SFA'da azalma ve protein, MUFA ve/veya PUFA'da ise artış olduğu gözlenmiştir. Araştırmada ilgi çekici bir sonuç olarak hidrojel kullanımının kuru fermente sosislerin genel kabul edilebilirliğini artırdığı tespit edilmiştir. Zampouni vd. (2024) yaptıkları çalışmada zeytinyağı bijelini sosislerde domuz sırt yağı ikamesi olarak kullanmışlardır. Çalışmada bijel kullanılan sosislerin ağırlık kaybı, nem içeriği ve su aktivitesinin arttığı, fakat renk özelliklerinde kontrole göre önemli bir değişimin olmadığı ifade edilmiştir. Benzer bir çalışma Ghiasi ve Golmakani (2022) tarafından sığır eti burgerlerinde hayvansal yağ ikamesi olarak etilselüloz bazlı oleojel ile nişasta bazlı hidrojelde elde edilen ayçiçek yağı bijeli kullanılarak yapılmıştır. Araştırmada, burgerlerde hayvansal yağ ikamesi olarak %75 oleojel fraksiyonlu bijel kullanımının uygun olduğu, ayrıca %50'ye kadar hayvansal yağ ikamesinin kabul edilebilir duyusal özellikler sergilediği ifade edilmiştir.

Et ürünlerinde hayvansal yağ yerine hidrojel kullanımının, hidrojel oluşturmada kullanılan jelleştirici maddelere ve yağlara bağlı olarak ürünlerin tekstür ve renk parametrelerinde önemli değişimlere neden olduğu görülmektedir. Emülsiyon hidrojellerinin düşük yağ içeriği (%20-50) et ürününün toplam yağ içeriğinin azalmasını sağlarken, yüksek su içeriği (~%50) nem içeriğinde artışa neden olmaktadır. Konu ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda duyusal açıdan genel kabul edilebilirlikte azalma olduğu bildirilmiş olmasına rağmen, genel olarak emülsiyon hidrojellerinin kullanımı ürünlerin duyusal kalitesini korumuş veya artırmıştır. Ayrıca, hidrojel kullanımının SFA'yı azaltması ve MUFA ve/veya PUFA'yı artırması ürünlerin lipid profilinde belirgin bir iyileşme sağlamıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada, et ürünlerinde yağ ikame maddelerinin kullanımı üzerinde durulmuş ve hayvansal yağ miktarının azaltılması veya ikamesi üzerine yapılmış araştırmalar hakkında özet bilgiler sunulmuştur. Bu kapsamda bir hayvansal yağ ikame maddesi olarak diyet liflerinin kullanımı kalite özellikleri dikkate alındığında az yağlı et ürünleri üretmek için etkili bir strateji olarak ön plana çıkmaktadır. Kinoa ve chia gibi tahıllar, ürünlerde yağın azaltılmasına ilaveten besinsel avantajlar sağlaması nedeniyle bir başka etkili yaklaşım olarak göze çarpmaktadır. Hayvansal proteinler, hidrokolloidler ve yenilebilir mantarların et ürünlerinde yağ azaltımının neden olduğu teknolojik ve duyuşsal kusurları azaltabildiği belirlenmiştir. Et ürünlerinde hayvansal yağın ikame edilmesinde, lipit profilinin geliştirilmesi ve insan sağlığı için besleyici açıdan avantajlı ürünlerin elde edilmesi de istenebilmektedir. Bu amaca et ürünlerinde hayvansal yağların yerine ω -3 ve ω -9 yağ asitleri bakımından zengin sıvı yağların oleojel ve hidrojel formunda kullanılmasıyla da ulaşılabilir.

Yağ ikamesi olarak kullanılan maddelerin yüksek su ve yağ bağlama kapasiteleri emülsifiye et ürünlerinde emülsiyon kararlılığını artırarak hem görünümde hem de dokuda iyileşme sağlayabilmektedir. Ayrıca diyet lifi, tahıllar, vb. gibi ikame maddeleri, antioksidatif özellikleri nedeniyle, ürünlerin oksidatif stabilitesi üzerinde olumlu bir etkiye de sahiptir. Emülsifiye et ürünlerinde arzu edilen özellikler korunarak yağ ikame maddelerinin kullanılması nispeten daha kolay bir uygulama olup, gözle görülebilir yağların istenildiği et ürünlerinde, hayvansal yağla benzer görünüm özelliklerine sahip yağ ikame maddelerinin kullanılması gerekmektedir. Bu kapsamda hidrojellerin kullanımı, düşük üretim maliyetleri, katı benzeri özellikleri hem hidrofilik hem de lipofilik bileşikler çözme olasılıkları ile hayvansal yağ taklit etme kapasiteleri nedeniyle öne çıkmaktadır. Et ürünlerinde yağ ikamesi olarak kullanılacak maddelerin seçiminde hem ürün özelliklerinin hem de tüketici tercihlerinin dikkate alınması gerekmektedir. Bu kapsamda çeşitli et ürünlerinde farklı yağ ikame stratejilerinin

üretim ve depolama boyunca araştırıldığı yeni çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKISI

Makalenin derlenmesinde, yazılmasında ve yayınlanmasında tüm yazarlar katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

Abbasi, E., Amini Sarteshnizi, R., Ahmadi Gavlighi, H., Nikoo, M., Azizi, M. H., Sadeghinejad, N. (2019). Effect of partial replacement of fat with added water and tragacanth gum (*Astragalus gossypinus* and *Astragalus compactus*) on the physicochemical, texture, oxidative stability, and sensory property of reduced fat emulsion type sausage. *Meat Science*, 147:135–143. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.09.007>

Abdullah, L. Liu, H., Javed, U., Xiao, J. (2022). Engineering emulsion gels as functional colloids emphasizing food applications: A review. *Frontiers in Nutrition*, 9: 890188. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.890188>

Adili, L., Roufegarinejad, L., Tabibiazar, M., Hamishehkar, H., Alizadeh, A. (2020). Development and characterization of reinforced ethyl cellulose based oleogel with adipic acid: Its application in cake and beef burger. *LWT – Food Science and Technology*, 126:109277. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109277>

Aliasl khiabani, A., Tabibiazar, M., Roufegarinejad, L., Hamishehkar, H., Alizadeh, A. (2020). Preparation and characterization of carnauba wax/adipic acid oleogel: A new reinforced oleogel for application in cake and beef burger. *Food Chemistry*, 333:127446. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127446>

Alnoumani, H., Ataman, Z. A., Were, L. (2017). Lipid and protein antioxidant capacity of dried *Agaricus bisporus* in salted cooked ground beef. *Meat Science*, 129:9–19. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.010>

- Alves, L. A. A. dos S., Lorenzo J. M., Gonçalves C. A. A., dos Santos B. A., Heck R. T., Cichoski A. J., and Campagnol P. C. B. (2016). Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. *Meat Science*, 121:73–78. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.001>
- Aslinah, L. N. F., Mat Yusoff, M., Ismail-Fitry, M. R. (2018). Simultaneous use of adzuki beans (*Vigna angularis*) flour as meat extender and fat replacer in reduced-fat beef meatballs (bebola daging). *Journal of Food Science and Technology*, 55(8):3241–3248. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3256-1>
- Auriema, B. E., Dinalli, V. P., Kato, T., Yamaguchi, M. M., Marchi, D. F., Soares, A. L. (2019). Physical and chemical properties of chicken mortadella formulated with *Moringa oleifera* Lam. seed flour. *Food Science and Technology*, 39: (2), 504–509. <https://doi.org/10.1590/fst.25018>
- Badar, I. H., Li, Y., Liu, H., Chen, Q., Liu, Q., Kong, B. (2023). Effect of vegetable oil hydrogel emulsion as a fat substitute on the physicochemical properties, fatty acid profile, and color stability of modified atmospheric packaged buffalo burgers. *Meat Science*, 199, 109143. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109143>
- Baioumy, A. A., Vladimirovna Bobreneva, I., Tvorogova, A. A., Shobanova, T. V. (2018). Possibility of using quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) in meat products and its impact on nutritional and organoleptic characteristics. *Bioscience Research*, 15:3307–3315.
- Barros, J. C., Munekata, P. E. S., De Carvalho, F. A. L., Pateiro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., Trindade, M. A., Lorenzo, J. M. (2020). Use of tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil emulsion as animal fat replacement in beef burgers. *Foods*, 9 (1):44. <https://doi.org/10.3390/foods9010044>
- Barros, J. C., Munekata, P. E. S., de Carvalho, F. A. L., Domínguez, R., Trindade, M. A., Pateiro, M., Lorenzo, J. M. (2021). Healthy beef burgers: Effect of animal fat replacement by algal and wheat germ oil emulsions. *Meat Science*, 173:108396. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108396>
- Bis-Souza, C. V., Henck, J. M. M., Barretto, A. C. d. S. (2018). Performance of low-fat beef burger with added soluble and insoluble dietary fibers. *Food Science and Technology*, 38 (3):522–529. <https://doi.org/10.1590/fst.09217>
- Bis-Souza, C. V., Bellucci, E. R. B., Lorenzo, J. M., Barretto, A.C. S. (2019). Low-fat Brazilian cooked sausage-*Paio* – with added oat fiber and inulin as a fat substitute: effect on the technological properties and sensory acceptance. *Food Science and Technology*, 39. <https://doi.org/10.1590/fst.03618>
- Bis-Souza, C. V., Pateiro M., Domínguez R., Penna A. L. B., Lorenzo J. M., Silva Barretto A. C. (2020). Impact of fructooligosaccharides and probiotic strains on the quality parameters of low-fat Spanish Salchichón. *Meat Science*, 159:107936. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107936>
- Botella- Martínez, C., Fernandez-Lopez, J., Ferreira, I., Leite, A., Vasconcelos, L., Dominguez, R., Perez-Alvarez, J. A., Teixeira, A., Viuda-Martos, M. (2023). Alheiras with animal fat replacement: application of a gelled emulsion based on hemp oil (*Cannabis sativa* L.) and buckwheat. *European Food Research and Technology*, 249:2273–2285 <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04295-w>
- Câmara, A. K. F. I., Okuro, P. K., da Cunha, R. L., Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., Pollonio, M. A. R. (2020). Chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage as a new fat substitute in emulsified meat products: Technological, physicochemical, and rheological characterization. *LWT – Food Science and Technology*, 125:109193. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109193>
- Câmara, A. K. F. I., Midori Ozaki, M., Santos, M., Silva Vidal, V. A., Oliveira Ribeiro, W., de Souza Paglarini, C., Bernardinelli, O. D., Sabadini, E., Rodrigues Pollonio, M. A. (2021). Olive oil-based emulsion gels containing chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage delivering healthy claims to low-saturated fat Bologna sausages. *Food Structure*, 28:100187. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2021.100187>

- Carvalho, L. T., Pires, M. A., Baldin, J. C., Munekata, P. E. S., de Carvalho, F. A. L., Rodrigues, I., Polizer, Y. J., de Mello, J. L. M., Lapa-Guimarães, J., Trindade, M. A. (2019). Partial replacement of meat and fat with hydrated wheat fiber in beef burgers decreases caloric value without reducing the feeling of satiety after consumption. *Meat Science*, 147:53–59. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.010>
- Cerón-Guevara, M. I., Rangel-Vargas, E., Lorenzo, J. M., Bermúdez, R., Pateiro, M., Rodríguez, J. A., Sánchez-Ortega, I., Santos, E. M. (2020). Reduction of salt and fat in frankfurter sausages by addition of *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* flour. *Foods*, 9 (6):760. <https://doi.org/10.3390/foods9060760>
- Cerón-Guevara, M. I., Santos, E. M., Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Bermúdez-Piedra, R., Rodríguez, J. A., Castro-Rosas, J., Rangel-Vargas, E. (2021). Partial replacement of fat and salt in liver pâté by addition of *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus* flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 56 (12):6171–6181. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15076>
- Cittadini, A., Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Sarriés, M. V., Domínguez, R., Lorenzo, J. M. (2021). Physicochemical composition and nutritional properties of foal burgers enhanced with healthy oil emulsion hydrogels. *International Journal of Food Science & Technology: IJFS*, 56 (12):6182–6191. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15087>
- Ding, Y., Lin, H. W., Lin, Y. L., Yang, D. J., Yu, Y. S., Chen, J. W., Wang, S. Y., Chen, Y. C. (2018). Nutritional composition in the chia seed and its processing properties on restructured ham-like products. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26 (1):124–134. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.12.012>
- Domínguez, R., Bohrer, B., Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Lorenzo, J. M. (2021a). Recent discoveries in the field of lipid bio-based ingredients for meat processing. *Molecules*, 26 (1):190. <https://doi.org/10.3390/molecules26010190>
- Domínguez, R., Munekata, P. E., Pateiro, M., López-Fernández, O., Lorenzo, J. M. (2021b). Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products. *Current Opinion in Food Science*, 37:135–144. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.005>
- Domínguez, R., Lorenzo, J. M., Pateiro, M., Munekata, P. E. S., dos Santos, B. A., Pinton, M. B., Cichoski, A. J., Campagnol, P. C. B. (2022). Main animal fat replacers for the manufacture of healthy processed meat products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2124397>
- Egea, M., Álvarez, D., Peñaranda, I., Panellaria, N., Linares, M. B., Garrido, M.D. (2020). Fat Replacement by Vegetal Fibres to Improve the Quality of Sausages Elaborated with Non-Castrated Male Pork. *Animals*, 10(10), 1872. <https://doi.org/10.3390/ani10101872>
- El Zeny, T., Essa, R. Y., Bisar, B. A., Metwalli, S. M. (2019). Effect of using chicory roots powder as a fat replacer on beef burger quality. *Slovenian Veterinary Research*, 56 (22):509–514. <https://doi.org/10.26873/SVR-788-2019>
- Essa, R. Y., Elsebaie, E. M. (2022). New fat replacement agent comprised of gelatin and soluble dietary fibers derived from date seed powder in beef burger preparation. *LWT- Food Science and Technology*, 156, 113051. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.113051>
- Ferro, A. C., de Souza Paglarini, C., Rodrigues Pollonio, M. A., Lopes Cunha, R. (2021). Glycerol monostearate-based oleogels as a new fat substitute in meat emulsion. *Meat Science*, 174:108424. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108424>
- Fu, Y., Zhang, L., Cong, M., Wan, K., Jiang, G., Dai, S., Wang, L., Liu, X. (2021). Application of Auricularia cornea as a Pork Fat Replacement in Cooked Sausage. *Coatings*, 11(11): 1432. <https://doi.org/10.3390/coatings11111432>
- Foggiaro, D., Domínguez, R., Pateiro, M., Cittadini, A., Munekata, P. E. S., Campagnol, P. C. B., Fraqueza, M. J., De Palo, P., Lorenzo, J. M.

- (2022). Use of healthy emulsion hydrogels to improve the quality of pork burgers. *Foods*, 11 (4):596. <https://doi.org/10.3390/foods11040596>
- Franco, D., Martins, A. J., López-Pedrouso, M., Cerqueira, M. A., Purriños, L., Pastrana, L. M., Vicente, A. A., Zapata, C., Lorenzo, J. M. (2020). Evaluation of linseed oil oleogels to partially replace pork backfat in fermented sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100 (1):218–224. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10025>
- Gao, Y., Li, M., Zhang, L., Wang, Z., Yu, Q., Han, L. (2021). Preparation of rapeseed oil oleogels based on beeswax and its application in beef heart patties to replace animal fat. *LWT-Food Science and Technology*, 149:111986. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111986>
- Gao, Y., Qiu, Y., Nan, H., Wang, L., Yang, D., Zhang, L., Yu, Q. (2022). Ultra-high pressure-assisted preparation of cowhide gelatin as a promising fat substitute: Improve the nutrition ratio and antioxidant capacity of beef patties. *Food Research International*, 157, 111260. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111260>
- Ghiasi, F., Golmakani, M-T. (2022). Fabrication and characterization of a novel biphasic system based on starch and ethylcellulose as an alternative fat replacer in a model food system. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 78, 103028. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103028>
- Gómez-Estaca, J., Pintado, T., Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S. (2020). The effect of household storage and cooking practices on quality attributes of pork burgers formulated with PUFA- and curcumin-loaded oleogels as healthy fat substitutes. *LWT-Food Science and Technology*, 119:108909. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108909>
- Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C. (2021). Novel lipid materials based on gelling procedures as fat analogues in the development of healthier meat products. *Current Opinion in Food Science*, 39:1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.12.010>
- Juhui, C., Hack-Youn, K. (2019). Quality characteristics of reduced fat emulsion-type chicken sausages using chicken skin and wheat fiber mixture as fat replacer. *Poultry Science*, 98 (6), 2662–2669. <https://doi.org/10.3382/ps/pez016>
- Kirkyol, M., Akköse, A. (2023). Effects of animal fat replacement with almond flour on quality parameters of beef patties. *Food Science & Nutrition*, 11, 7091–7099. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3633>
- Kim, T-K., Hwang, K-E., Sung, J-M., Park, J-D., Kim, M-H., Jeon, K-H., Kim, Y-B., Choi, Y-S. (2018). Replacement of pork back fat with pre-emulsion of wheat (*Triticum aestivum* L.) sprout and collagen and its optimization for reduced-fat patties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42:e13576. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13576>
- Kim, T.-K., Yong, H.-I., Jung, S., Kim, Y.-B., Choi, Y.-S. (2020). Effects of replacing pork fat with grape seed oil and gelatine/alginate for meat emulsions. *Meat Science*, 163:108079. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108079>
- Kurt, A., Gençcelep, H. (2018). Enrichment of meat emulsion with mushroom (*Agaricus bisporus*) powder: Impact on rheological and structural characteristics. *Journal of Food Engineering*, 237:128–136. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.05.028>
- Kwon, H. C., Shin, D.-M., Yune, J. H., Jeong, C. H., Han, S. G. (2021). Evaluation of gels formulated with whey proteins and sodium dodecyl sulfate as a fat replacer in low-fat sausage. *Food Chemistry*, 337:127682. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127682>
- LaCourse, W. R. (2008). Carbonhydrates and Other Electrochemically Active Compounds in Functional Foods. 2nd ed. Boca Raton, USA, CRC Press.
- Li, L., Liu, G., Bogojevic, O., Pedersen, J. N., Guo, Z. (2022). Edible oleogels as solid fat alternatives: Composition and oleogelation mechanism implications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21 (3):2077–2104. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12928>
- Liu, S., Lu, J., Zhang, J., Su, X., Peng, X., Guan, H., Shi, C. (2022). Emulsion gels prepared with chia mucilage and olive oil as a new animal fat replacer in beef patties. *Journal of Food Processing*

- and *Preservation*, 46: (11), 16972. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16972>
- López-Pedrouso, M., Lorenzo, J. M., Gullón, B., Campagnol, P. C. B., Franco, D. (2021). Novel strategy for developing healthy meat products replacing saturated fat with oleogels. *Current Opinion in Food Science*, 40:40–45. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.06.003>
- Lucas-González, R., Roldán-Verdu, A., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., Viuda-Martos, M. (2020). Assessment of emulsion gels formulated with chestnut (*Castanea sativa* M.) flour and chia (*Salvia hispanica* L) oil as partial fat replacers in pork burger formulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100 (3):1265–1273. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10138>
- Madane, P., Das, A. K., Pateiro, M., Nanda, P. K., Bandyopadhyay, S., Jagtap, P., Barba, F. J., Shewalkar, A., Maity, B., Lorenzo, J. M. (2019). Drumstick (*Moringa oleifera*) flower as an antioxidant dietary fibre in chicken meat nuggets. *Foods*, 8: 307. <https://doi.org/10.3390/foods8080307>
- Mahmood, K., Kamilah, H., Shang, P. L., Sulaiman, S., Ariffin, F., Alias, A. K. (2017). A review: Interaction of starch/non-starch hydrocolloid blending and the recent food applications. *Food Bioscience*, 19, 110–120. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.05.006>
- Manzoor, S., Masoodi, F. A., Rashid, R., Naqash, F., Ahmad, M. (2022). Oleogels for the development of healthy meat products: A review. *Applied Food Research*, 2(2), 100212. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100212>
- Martins, A. J., Lorenzo, J. M., Franco, D., Pateiro, M., Domínguez, R., Munekata, P. E. S., Pastrana, L. M., Vicente, A. A., Cunha, R. L., Cerqueira, M. A. (2020). Characterization of enriched meat-based pâté manufactured with oleogels as fat substitutes. *Gels*, 6 (2):17. <https://doi.org/10.3390/gels6020017>
- Montoya, L., Quintero, N., Ortiz, S., Lopera, J., Millan, P., Rodrigues-Stouvenel, A. (2022). Inulin as a Fat-Reduction Ingredient in Pork and Chicken Meatballs: Its Effects on Physicochemical Characteristics and Consumer Perceptions. *Foods*, 11: (8), 1066. <https://doi.org/10.3390/foods11081066>
- Mousa, R. M. A. (2021). Development of 95% fat-free hamburgers using binary and ternary composites from polysaccharide hydrocolloids and fruit peel flours as fat replacer systems. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45 :e15457. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15457>
- Nacak, B., Öztürk-Kerimoğlu, B., Yıldız, D., Çağındı, Ö., Serdaroglu, M. (2021). Peanut and linseed oil emulsion gels as potential fat replacer in emulsified sausages. *Meat Science*, 176:108464. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108464>
- Olanwanit, W., Rojanakorn, T. (2019). Effect of hydrolysed collagen and Man-sao powder mixture as a fat replacer on quality of Vienna sausages. *International Food Research Journal*, 26 (5):1523–1525.
- Ozaki, M. M., dos Santos, M., Ribeiro, W. O., de Azambuja Ferreira, N. C., Picone, C. S. F., Domínguez, R., Lorenzo, J. M., Pollonio, M. A.R. (2021). Radish powder and oregano essential oil as nitrite substitutes in fermented cooked sausages. *Food Research International* 140:109855. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109855>
- Özer, C. O., Çelegen, Ş. (2020). Evaluation of quality and emulsion stability of a fat-reduced beef burger prepared with an olive oil oleogel-based emulsion. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45 (8): e14547. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14547>
- Öztürk-Kerimoğlu, B., Kavuşan, H. S., Tabak, D., Serdaroglu, M. (2020). Formulating reduced-fat sausages with quinoa or teff flours: Effects on emulsion characteristics and product quality. *Food Science of Animal Resources*, 40 (5):710–721. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e46>
- Öztürk-Kerimoğlu, B., Kavuşan, H. S., Benzer Gürel, D., Çağındı, Ö., Serdaroglu, M. (2021). Cold-set or hot-set emulsion gels consisted of a healthy oil blend to replace beef fat in heat-treated fermented sausages. *Meat Science*, 176:108461. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108461>

- Öztürk-Kerimoglu, B., Urgu-Ozturk, M., Serdaroglu, M., Koca, N. (2022). Chemical, technological, instrumental, microstructural, oxidative and sensory properties of emulsified sausages formulated with microparticulated whey protein to substitute animal fat. *Meat Science*, 184:108672. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108672>
- Paglarini, C. d. S., Vidal, V. A. S., Ribeiro, W., Ribeiro, A. P. B., Bernardinelli, O. D., Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., Sabadini, E., Pollonio, M. A. R., Ruiz-Capillas, C., Sabadini, E., Pollonio, M. A. R. (2021). Using inulin-based emulsion gels as fat substitute in salt reduced Bologna sausage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101 (2):505–517. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10659>
- Paglarini, C. D. S., Vidal, V. A. S., Ozaki, M. M., Ribeiro, A. P. B., Bernardinelli, O. D., Câmara, A. K. F. I., Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., Sabadini, E., Pollonio, M. A. R. (2022). Inulin gelled emulsion as a fat replacer and fiber carrier in healthier Bologna sausage. *Food Science and Technology International*, 28 (1):3–14. <https://doi.org/10.1177/1082013220980586>
- Palamutoğlu, R. (2021). Replacement of beef fat in meatball with oleogels (black cumin seed oil/sunflower oil). *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 72 (3):3031–3040. <https://doi.org/10.12681/jhvms.28484>
- Patinho, I., Selani, M. M., Saldaña, E., Bortoluzzi, A. C. T., Rios-Mera, J. D., da Silva, C. M., Kushida, M. M., Contreras-Castillo, C. J. (2021). *Agaricus bisporus* mushroom as partial fat replacer improves the sensory quality maintaining the instrumental characteristics of beef burger. *Meat Science*, 172: 108307. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108307>
- Pellegrini, M., Lucas-Gonzalez, R., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., Viuda-Martos, M. (2018). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) paste as partial fat replacer in the development of reduced fat cooked meat product type pâté: Effect on quality and safety. *CYTA - Journal of Food*, 16 (1):1079–1088. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1525433>
- Pérez-Montes, A., Rangel-Vargas, E., Lorenzo, J. M., Romero, L., Santos, E. M. (2021). Edible mushrooms as a novel trend in the development of healthier meat products. *Current Opinion in Food Science*, 37:118–124. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.004>
- Pintado, T., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F., Ruiz-Capillas, C. (2016). Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispanica* L.) in frankfurters as a health-promoting ingredient. *Meat Science*, 114:75–84. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.009>
- Pintado, T., Cofrades, S. (2020). Quality characteristics of healthy dry fermented sausages formulated with a mixture of olive and chia oil structured in oleogel or emulsion gel as animal fat replacer. *Foods*, 9 (6):830. <https://doi.org/10.3390/foods9060830>
- Pintado, T., Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F., Herrero, A. M. (2020). Impact of culinary procedures on nutritional and technological properties of reduced-fat longanizas formulated with chia (*Salvia hispanica* L.) or oat (*avena sativa* L.) emulsion gel. *Foods*, 9 (12):1847. <https://doi.org/10.3390/foods9121847>
- Pintado, T., Muñoz-González, I., Salvador, M., Ruiz-Capillas, C., Herrero, A. M. (2021). Phenolic compounds in emulsion gel-based delivery systems applied as animal fat replacers in frankfurters: Physico-chemical, structural and microbiological approach. *Food Chemistry*, 340:128095. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128095>
- Polizer-Rocha, Y. J., Lorenzo, J. M., Pompeu, D., Rodrigues, I., Baldin, J. C., Pires, M. A., Freire, M. T. A., Barba, F. J., Trindade, M. A. (2019). Physicochemical and technological properties of beef burger as influenced by the addition of pea fibre. *International Journal of Food Science & Technology*, 55: (3), 1018-1024. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14324>
- Prapasuwannakul, N. (2018). Characteristics of reduced-fat thai pork sausage with inulin addition. *ETP International Journal of Food Engineering*, (4):

- 322–326. <https://doi.org/10.18178/ijfe.4.4.322-326>
- Rampe, M. C. C., Henry, F. C., Oliveira, R. F., Santos Junior, A. C., Maradini Filho, A. M., Dardengo, M. C. J. D. (2022). Evaluation of chia gel incorporation as a fat substitute in Nile tilapia fishburger. *South African Journal of Animal Science*, 52 (5). <https://doi.org/10.4314/sajas.v52i5.06>
- dos Santos, M., Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Magalhães, G. C., Barretto, A. C. S., Lorenzo, J. M., Pollonio, M. A. R. (2020). Pork skin-based emulsion gels as animal fat replacers in hot-dog style sausages. *LWT-Food Science and Technology*, 132:109845. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109845>
- See Toh, C. J. Y., Bi, X., Lee, H.W., Yeo, M. T. Y., Henry, C. J. (2023). Is mushroom polysaccharide extract a better fat replacer than dried mushroom powder for food applications? *Frontiers in Nutrition*, 10:1111955. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1111955>
- Serdaroğlu, M. (2021). Potential utilization of emulsion gels and multiple emulsions as delivery systems to produce healthier meat products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 854 (1):012083. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/854/1/012083>
- Sofi, S. A., Singh, J., Rafiq, S., Rashid, R. (2017). Fortification of dietary fiber ingredients in meat application: A review. *International Journal of Biochemistry Research & Review*, 19 (2):1–14. <https://doi.org/10.9734/IJBCRR/2017/36561>
- Szpicier, A., Onopiuk, A., Poltorak, A., Wierzbicka, A. (2020). The influence of oat β -glucan content on the physicochemical and sensory properties of low-fat beef burgers. *CyTA - Journal of Food*, 18: (1), 315-327. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1750095>
- Teixeira, A., Ferreira, I., Pereira, E., Vasconcelos, L., Leite, A., Rodrigues, S. (2021). Physicochemical composition and sensory quality of goat meat burgers. Effect of fat source. *Foods*, 10 (8):1824. <https://doi.org/10.3390/foods10081824>
- Vargas-Ramella, M., Domínguez, R., Pateiro, M., Franco, D., Barba, F. J., Lorenzo, J. M. (2020a). Chemical and physico-chemical changes during the dry-cured processing of deer loin. *International Journal of Food Science and Technology*, 55 (3):1025–1031. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14342>
- Vargas-Ramella, M., Munekata, P. E. S., Gagaoua, M., Franco, D., Campagnol, P. C. B., Pateiro, M., Barretto, A. C. d. S., Domínguez, R., Lorenzo, J. M. (2020b). Inclusion of healthy oils for improving the nutritional characteristics of dry-fermented deer sausage. *Foods*, 9 (10):1487. <https://doi.org/10.3390/foods9101487>
- Yang, Y., Wang, W., Wu, Z., Wang, X., Zhang, K., Li, Y. (2019). O/W Pickering emulsions stabilized by *Flammulina velutipes* polysaccharide nanoparticles as a fat substitute: the effects of phase separation on emulsified sausage's techno-functional and sensory quality. *Journal of Science Food Agricultural*, 100: 268–276. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10034>
- Wang, Y., Wang, W., Jia, H., Gao, G., Wang, X., Zhang, X., Wang, Y. (2018). Using cellulose nanofibers and its palm oil pickering emulsion as fat substitutes in emulsified sausage. *Journal of Food Science*, 83 (6):1740–1747. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14164>
- Wang, L., Li, C., Ren, L., Guo, H., Li, Y. (2019). Production of pork sausages using pleurotus eryngii with different treatments as replacements for pork back fat. *Journal of Food Science*, 84 (11):3091–3098. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14839>
- WHO (2020). Healthy diet. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
- Zampouni, K., Filippou, A., Papadimitriou, K., Katsanidis, E. (2024). Evaluation of bigel systems as potential substitutes to partially replace pork backfat in semi-dry sausages. *Meat Science*, 208, 109392. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109392>
- Zhao, Y., Hou, Q., Zhuang, X., Wang, Y., Zhou, G., Zhang, W. (2018). Effect of regenerated cellulose fiber on the physicochemical properties and sensory characteristics of fat-reduced

emulsified sausage. *LWT- Food Science and Technology*, 97:157–163. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.053>

Zhao, S., Yuan, X., Yang, L., Zhu, M., Ma, H., Zhao, Y. (2023a). The effects of modified quinoa protein emulsion as fat substitutes in frankfurters. *Meat Science*, 202, 109215. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109215>

Zhao, X., Guo, R., Li, X., Wang, X., Zeng, L., Wen, X., Huang, Q. (2023b). Effect of oil-modified crosslinked starch as a new fat replacer

on gel properties, water distribution, and microstructures of pork meat batter. *Food Chemistry*, 409, 135337. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135337>

Zhu, Y., Çang, Y., Peng, Z. (2021). Effect of Eggplant Powder on the Physicochemical and Sensory Characteristics of Reduced-Fat Pork Sausages. *Foods*, 10: (4), 743. <https://doi.org/10.3390/foods10040743>