



## Oleojellerin Yapısı, Gıda Endüstrisindeki Kullanımı ve Uygulamaları

### Structure of Oleogels, Their Use and Applications in the Food Industry

Tamer Arslan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Darende Bekir Ilıcak MYO, 0000-0002-9052-7222

\*Sorumlu Yazar: Tamer Arslan, tamer.arslan@ozal.edu.tr

#### Özet

Organojel yapısında olan oleojeller; gıdalarda bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır, oleojellerin özellikleri, unlu mamuller, işlenmiş et ürünleri, şekerlemeler ve süt ürünleri gibi çeşitli gıda kategorilerinde istenen duyu ve dokusal özelliklerin elde edilmesine olanak sağlamakta ve aynı zamanda bu ürünlerin besin özelliklerinin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Daha sağlıklı gıda ürünlerinin geliştirilmesine ve dolayısıyla daha dengeli bir diyetin desteklenmesine yönelik potansiyelleri, özellikle küresel ölçekte artan sağlık sorunları bağlamında oleojellere yönelik ilgiyi giderek artırmaktadır. Oleojellerin doku ve lezzet özelliklerinden dolayı yağların yerine etkili bir biçimde kullanılabilirdiği yapılan araştırmalarla ortaya konmaktadır. Bitki bazlı jelatörlerin kullanımına dayanan bu sistemler, doymuş yağ içeriğinin azaltılmasına katkı sağlamakta ve temiz, sürdürülebilir gıdalara taleple de uyum göstermektedir. Gıda üretim aşamalarında ortaya çıkabilen duyu problemlere ilişkin tüketici davranışları, oleojel formülasyonlarının optimize edilmesi gerekliliğini ortaya koymakta ve bu alanda daha kapsamlı araştırmalara duyulan ihtiyacı açıkça göstermektedir. Oleojel teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, ileride yapılacak araştırmaların; bu materyallerin daha iyi anlaşılmasına, farklı yöntemlerin geliştirilmesine, yasaların yeniden değerlendirilmesine, üretimin desteklenmesine odaklanacağı düşünülmektedir. Bu derleme, oleojellere ilişkin güncel gelişmeleri özetlemekte ve oleojel teknolojisini önemini vurgulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda; gıda ürünleri; oleojel; oleojel sistemleri.

#### Abstract

Organogels are emerging as an alternative in foods, their properties enable the achievement of desired sensory and textural properties in various food categories, such as bakery products, processed meat products, confectionery, and dairy products, while also contributing to the improvement of their nutritional properties. Their potential to develop healthier food products and, consequently, support a more balanced diet is driving increasing interest in oleogels, particularly in the context of increasing global health concerns. Studies have shown that oleogels can be used effectively as fat replacements due to their texture and flavor properties. These systems, based on the use of plant-based gelatinizers, contribute to the reduction of saturated fat content and align with the demand for clean, sustainable foods. Consumer behavior regarding sensory issues that may arise during food production highlights the need to optimize oleogel formulations and clearly demonstrates the need for more comprehensive research in this area. As oleogel technology develops, future research is expected to focus on better understanding these materials, developing alternative methods, reevaluating regulations, and supporting production. This review summarizes current developments in oleogels and highlights the importance of oleogel technology.

**Keywords:** Food; food products; oleogel; oleogel systems.

## 1. Giriş

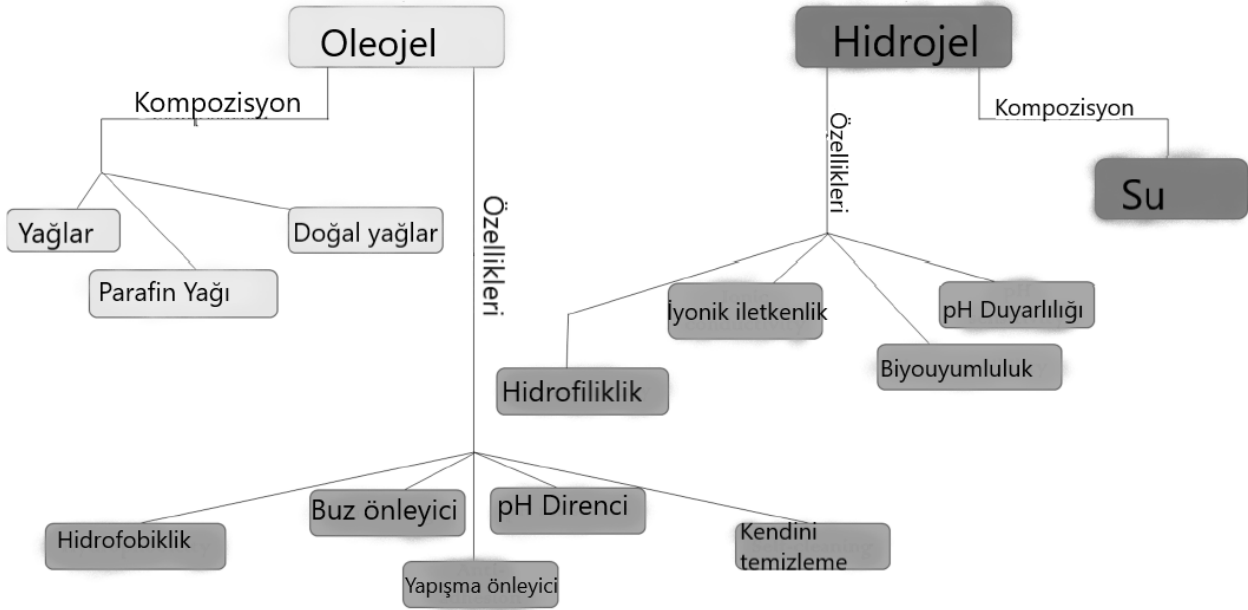
Oleojeller, yağların jelleşmesiyle oluşan yapılandırılmış yenilebilir lipid sistemleridir. Bu yapılandırılmış lipidler, düşük molekül ağırlıklı bileşiklerin kristal lifler hâlinde kendiliğinden bir araya gelmesi sonucunda oluşur ve bu süreç, organik bir sıvının yani yağın jelleşmesine olanak tanır. Jelatör olarak adlandırılan bu bileşikler; yağ alkolleri, mumlar, lesitin gibi yüzey aktif madde benzeri moleküller veya çeşitli polimerlerden oluşmakta olup, üç boyutlu bir ağ yapısı oluşturarak yağı hareketsiz hâle getirir ve stabil bir jel yapısının oluşmasını sağlar (Tanislav vd., 2022). Kendiliğinden birleşme süreci, düşük jelatör konsantrasyonlarında (yaklaşık %2) gerçekleşmekte olup, bu durum söz konusu jelatörleri geleneksel yağlara kıyasla oldukça verimli bir alternatif hâline getirmektedir (Kaushik vd., 2017). Jelatörlerin ısıtılıp soğutulmasıyla yeniden düzenlenmesi, yağı fiziksel olarak hapsederek düşük miktarda doymuş yağ asidi içeren yarı katı bir yapının oluşmasına yol açmaktadır. Bu yarı katı oleojellerin dikkat çekici bir özelliği, yağın besin profilini koruyabilmeleridir. Bu özellik, oleojelleri yağ ikamesi gibi çeşitli gıda uygulamalarında oldukça etkili ve çok yönlü bileşenler hâline getirmektedir (Hughes vd., 2009). Ayrıca, bu sistemlerin biyoaktif bileşiklerin kapsüllenmesi ve kontrollü salınımı ile yağ sızıntısının önlenmesi gibi kozmetik ürünlerinin formülasyonuna yönelik gıda dışı uygulamalara da sahip olduklarını belirtmek gerekir. Bunun yanı sıra, organik çözücülerin hapsedilmesinde sağladıkları avantajlar nedeniyle plastik ve boya endüstrilerinde de kullanılmaktadırlar (Davidovich-Pinhas vd., 2016). Oleojeller, farklı sektörlerde çeşitli uygulamalara sahip olmalarına rağmen, trans yağ asitlerinin kullanımına ilişkin yasal kısıtlamalar nedeniyle gıda endüstrisinde daha sağlıklı ürünler geliştirmek amacıyla yağ yapılandırıcı ve yağ ikame maddeleri olarak en yaygın şekilde kullanılmaktadır (Puscas vd., 2020; Chaves vd., 2018). Bu yapıların gıdaların besin profilini iyileştirme potansiyeli bulunmakta olup, katı yağların yağ yapılandırıcılar aracılığıyla değiştirilmesinde de yağ taklitçisi olarak işlev görebilmeleri nedeniyle gıda endüstrisinde önemli bir rol oynamaktadırlar. Ayrıca, et ürünleri ve bitki bazlı süt ürünlerinde dokuyu ve ağız hissini iyileştirmek amacıyla kullanılarak, duyuusal özelliklerden ödün vermeden daha sağlıklı alternatiflerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadırlar. Gıda endüstrisinde oleojel kullanımına yönelik sürekli artan talep; düşük trans ve düşük doymuş yağ içerikli ürünlere yönelik sağlık odaklı tüketici eğilimleri, oleojel bazlı gıdaların zararlı yağlar olmadan istenen doku ve duyuusal özellikleri koruyabilme yeteneği ile bu ürünlerin temiz etiketli ve vejetaryen/vegan trendleriyle uyumlu olmasından kaynaklanmaktadır (Manzoor vd., 2022). Katı ve sıvı yağlar temelde, tekli doymamış, çoklu doymamış ve doymuş yağ asitlerinden oluşan trigliseritlerden meydana gelir. Bu yağ asidi türleri arasında yalnızca trans ve doymuş yağ asitleri, kardiyovasküler hastalıklar ve tip 2 diyabet gibi kronik rahatsızlıklarla ilişkilendirilmiştir (Puscas vd., 2020). Ancak tartışmanın temel nedeni, insan sağlığına zararlı olduğu bilinen bu yağ asitlerinin aynı zamanda yiyeceklere kendine özgü lezzet ve dokusunu kazandıran bileşenler olmasıdır. Bunun sebebi, söz konusu yağ asitlerindeki trigliseritlerin suprakolloidal bir ağ oluşturarak yağları katı veya yarı katı hâle dönüştürmesidir. Bu yapı, yağlı yiyeceklere karakteristik dokularını ve ağızda bıraktıkları hissi kazandırmaktadır (Colella vd., 2023). Oleojeller, tüketicilerin takdir ettiği lezzet ve doku gibi önemli özellikleri korurken, ürünlerin fiziksel stabilitesini artıran etkili bir tekniktir. Son yıllarda oleojelasyon teknolojisindeki gelişmeler, gıda

endüstrisinin ürün güvenliği ve optimizasyon alanında ilerleme kaydetmesini sağlamıştır. Oleojeller, yalnızca gıda endüstrisinde değil; ilaç, kozmetik ve yağlayıcılar gibi diğer sektörlerde de önemli uygulamalara sahiptir. Devam eden araştırmalar, oleojellerin gıda sınıfı yağlayıcılarda ve biyobazlı ambalaj malzemelerinde kullanım potansiyelini ortaya koymakta ve sürdürülebilir ile sağlık odaklı üretim uygulamaları açısından önemini vurgulamaktadır (Morales vd., 2023). Bu derleme, oleojellerin çeşitli kullanım alanlarını, temel uygulamalarını, fonksiyonel ve fizikokimyasal özelliklerini ile sağladığı faydaları kapsamlı bir şekilde ele almayı amaçlamaktadır. Ayrıca, yakın gelecekte gıda ürünlerinde oleojel uygulamalarının izleyebileceği olası trendler tartışılmaktadır.

## **2. Gıdalarda Oleojellerin Temelleri**

### **2.1. Hidrojel ve Oleojel**

Gıda endüstrisinde çeşitli organojeller, yapılandırıcı ajanlar olarak kullanılabilir. Bu bağlamda hidrojeller, daha uzun süredir araştırılan ve uygulama alanı daha geniş olan sistemlerdir. Dolayısıyla, hidrojellerin yapıları, işlevleri ve kullanım potansiyelleri üzerine oleojellere kıyasla daha fazla bilgi birikimi mevcuttur. Oleojeller ve hidrojeller, farklı gıda ürünlerinin dokusunu, besin profilini ve stabilitesini modüle etmek amacıyla kullanılan iki ayrı jel sınıfıdır. Benzerlikleri bulunmakla birlikte, bileşimleri, oluşum mekanizmaları, fiziksel-kimyasal özellikleri ve uygulama alanları açısından önemli farklılıklar göstermektedirler (Şekil 1). Her iki jel türü de pH, sıcaklık, ışık ve mekanik deformasyon gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal uyarılara duyarlıdır ve bu uyarılara karşı belirgin tepkiler verebilmektedir (Kuzina vd., 2023). Oleojeller, sıvı fazda organik sıvılar (yağlar) içeren, maddeleri emip salma, şişme ve yüksek miktarda sıvı fazı (yaklaşık %99'a kadar) tutabilme kapasitesine sahip sistemlerdir. Organik sıvı ile jelleştirici bileşenlerin sağladığı özelliklerin birleşimi, oleojellere özellikle gıda sektörü başta olmak üzere çeşitli endüstrilerde geniş bir fonksiyonellik kazandırmaktadır. Buna karşın hidrojeller, literatürde daha yaygın şekilde araştırılmış olup yüksek su içerikleri ve sulu çözeltilerle uyumlulukları sayesinde doğal dokuyu taklit eden özellikler gösterir ve bu nedenle daha biyoyumlu kabul edilirler. Ancak hidrojellerin su bazlı yapısı, onların jelleştirici olarak kullanımını belirli ölçüde sınırlandırmakta; hidrofobik bileşiklere karşı düşük afinite göstermelerine yol açmaktadır. Ayrıca hidrojeller, çevresel ve termal koşullara karşı nispeten düşük stabilite sergilemektedir (Eelkema ve Pich., 2020; Feng vd., 2022).



Şekil 1. Oleojeller ve Hidrojeller

## 2.2. Oleojel Oluşum Mekanizması

Oleojeller, jelatörlerin kendi kendine birleşmesi sonucu oluşmakta olup bu birleşme iki temel mekanizma üzerinden gerçekleşmektedir; bunlar kristalitlerin oluşumu veya kendi kendine birleşen fibriler ağların (SAFIN'lerin) oluşumudur. İlk mekanizmada, yağ asitleri, yağ alkolleri ve mumlar gibi belirli jelleştiriciler soğutulduklarında kristalleşerek katılaşırlar ve sıvı yağı hapseden kristal yapılardan oluşan bir ağ meydana getirir. Bu süreç, çekirdeklenme ve kristal büyümesi aşamalarını içerir ve yağ matrisi içerisinde katı benzeri bir mikro yapı oluşumuna yol açar (Pinto vd., 2021). Lesitin gibi diğer jelleştiriciler ise amfifilik moleküllerinin kendi kendine birleşmesi yoluyla oleojel oluşturabilmektedir (Lopez-Pedrouso vd., 2021). Amfifilik moleküllerin aynı anda hem polar hem de apolar bölgelere sahip olması, onların geniş çaplı ağ yapıları ve karmaşık morfolojiler oluşturmasına olanak tanır. Bu prensip daha büyük uzunluk ölçeklerinde de geçerlidir. Örneğin, amfifilik blok kopolimerler benzer bir mekanizma ile kendi kendine düzenlenerek gözenekli yapıların oluşumunda şablon görevi gören örgütlenmeler meydana getirir (Bonaccorsi vd., 2013).

## 2.3. Oleojellerin Avantajları

Daha sağlıklı yağ alternatifleri olarak oleojeller:

Doymuş ve trans yağların insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle, gıda bilimcileri ve formülatörleri için uzun yıllardır önemli bir hedef, bu yağların daha sağlıklı doymamış yağlarla ikame edilmesidir. Oleojellerin geliştirilmesi, bu amacın gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Oleojeller, doymamış yağ asitlerinde zengin yağlara katı benzeri bir yapı kazandırarak, geleneksel olarak katı yağ içeren gıda ürünlerine bu yağların daha kolay entegre edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu yaklaşım, gıdaların lipid profilinin iyileştirilmesine katkıda bulunarak sağlık açısından önemli yararlar sunmaktadır. Nitekim fitosterol

bazlı oleojellerin, “Doymuş Yağın Azaltılması İçin Yenilebilir Oleojeller” projesi kapsamında çeşitli uygulamalarda doymuş yağın yerine etkili bir şekilde kullanılabilirdiği gösterilmiştir (Matheson vd., 2018).

Biyoaktif bileşiklerin kontrollü salınımı için oleojeller:

Oleojeller, biyoaktif bileşikler için etkili taşıyıcı sistemler olarak işlev görmektedir; hassas bileşenleri bozunmaya karşı korurken aynı zamanda kontrollü salınımına olanak sağlamaktadır. Yarı katı matris yapıları sayesinde lipofilik biyoaktif maddeleri kapsülleyerek bu bileşiklerin stabilitesini ve biyoyararlanımını artırabilmektedir. Güncel çalışmalar, oleojel temelli sistemlerin gıda uygulamalarında fonksiyonel moleküllerin iletilmesi açısından önemli potansiyel taşıdığını göstermekte ve farklı biyoaktif bileşiklerin kapsülleme sürecindeki çok yönlülüklerini vurgulamaktadır (Liu vd., 2024; Akl vd., 2025).

## **2.4. Gıda Endüstrisinde Kullanılan Oleojel Çeşitleri**

### **2.4.1. Lipid bazlı oleojel sistemleri**

Bu oleojeller, lipid bazlı ve düşük moleküler ağırlıklı jelatörlerin kararlı bir jel ağı oluşturmasıyla elde edilmektedir. Lipid bazlı oleojeller, temel olarak yağlardan oluşan ve monogliseritler, mumlar ile fosfolipitler gibi jelatörler aracılığıyla jel benzeri bir yapı kazanan yarı katı materyallerdir (Silva vd., 2023). Bu tür oleojeller, gıda uygulamalarının ötesinde, özellikle ilaç salım sistemlerine yönelik farmasötik formülasyonlarda kullanım potansiyeli açısından incelenmekte ve çok yönlülüklerini ortaya koymaktadır. Yağların yapılandırılmış bir ağ içinde kapsüllenebilmesi, düzenli salım mekanizmalarının oluşturulmasına olanak tanımakta ve aktif bileşenlerin biyoyararlanımını artırma potansiyeli sunmaktadır (Qi vd., 2020). Oleojellerin kendine özgü dokusal özellikleri, onları sürülebilir ürünler, fırıncılık ürünleri ve süt ürünü ikameleri gibi çeşitli gıda uygulamaları için uygun hale getirmektedir. Nitekim hamur formülasyonlarına oleojel eklenmesinin, geleneksel yağ temelli hamurlara kıyasla hava tutma kapasitesini artırdığı; böylece fırınlanmış ürünlere daha hafif bir doku kazandırırken istenen sertlik ve çiğnenebilirlik özelliklerini koruduğu gösterilmiştir (Li vd., 2021).

### **2.4.2. Protein bazlı oleojel sistemleri**

Protein bazlı oleojel sistemleri, sahip oldukları farklı yapısal ve işlevsel özellikler nedeniyle oleojel araştırmalarında önemli alternatifler olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemlerde dokusal özellikler, proteinler ile yağlar arasındaki etkileşim sonucunda oluşan jel benzeri yapıdan büyük ölçüde etkilenmektedir. Her ne kadar daha kısa bir doğrusal viskoelastik bölge sergileme eğiliminde olsalar da, araştırma bulguları protein şablonlu oleojellerin lipid bazlı oleojellere benzer viskoelastik davranış gösterebildiğini ortaya koymuştur (Pinto vd., 2021). Bu tür oleojeller, özellikle et ürünleri gibi daha sağlıklı gıda seçeneklerinin geliştirilmesinde önemli avantajlar sunmaktadır. Protein bazlı oleojeller, doymuş yağların yerine kullanılabilirdiğinden, ürünün dokusal özelliklerinden ödün vermeden beslenme profilinin iyileştirilmesine katkı sağlayabilmektedir (Ferdous vd., 2024; Gengatharan vd., 2023). Ürün formülasyonu ve işlevselliğinde yenilikçi yaklaşımlar, çeşitli işleme yöntemleri aracılığıyla protein bazlı oleojellerin özelliklerini modifiye etme kapasitesi sayesinde mümkün hâle gelmektedir. Protein bazlı oleojellerin üretiminde kullanılan yöntemlerden biri, emülsiyon şablon tekniğidir. Bu yöntemde, proteinlerin emülgatör olarak görev yapmasıyla kararlı emülsiyonlar

oluşturulmakta; sulu fazın uzaklaştırılmasının ardından bu emülsiyonlar oleojel yapısına dönüşerek katılaşmaktadır (Qiu vd., 2024). Proteinlerin hem hidrofilik hem de hidrofobik bileşenlerle etkileşime girebilmelerini sağlayan amfifilik özelliklerinden yararlanan bu teknik, oleojellerin yapısal bütünlüğünü artırmaktadır (Silva vd., 2023). Buna ek olarak, birçok gıda ve farmasötik uygulama açısından kritik bir özellik olan ısı geri dönüşümlülük davranışı sayesinde, protein bazlı oleojeller sıcaklık döngüleri boyunca yapısal stabiliteyi koruyabilmektedir (Ferdaus vd., 2025).

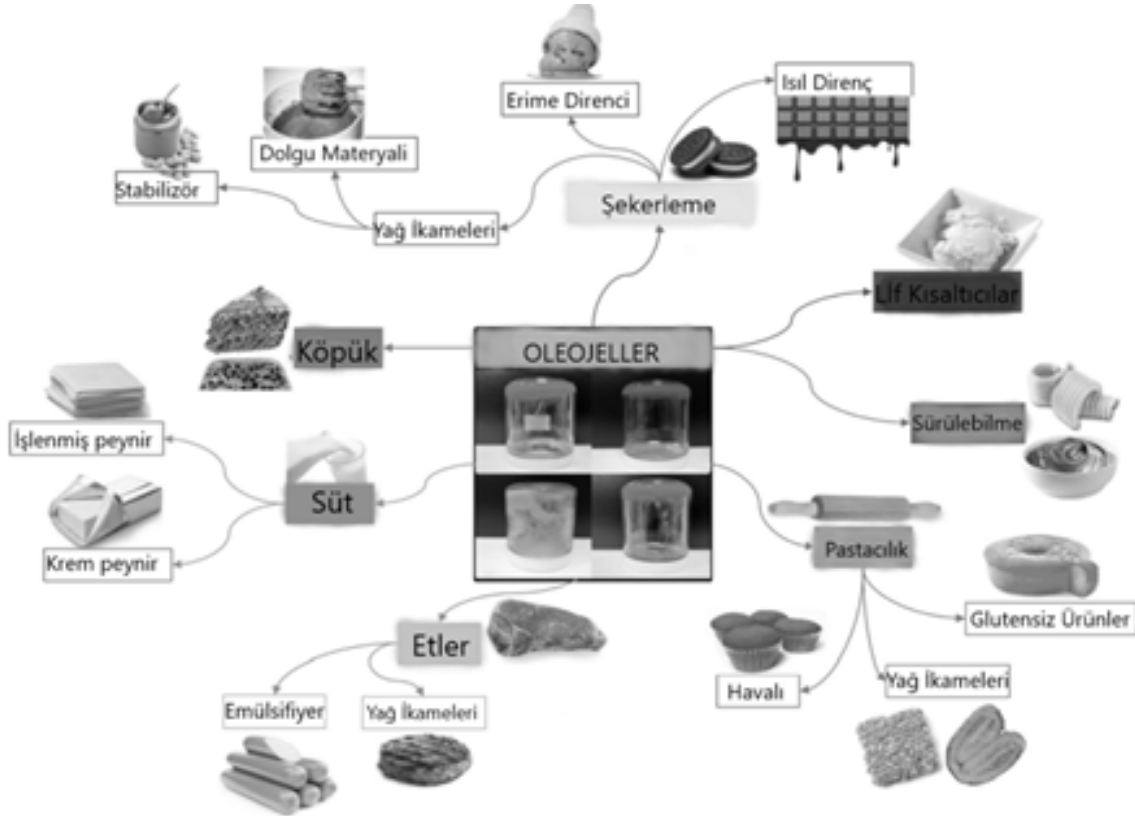
#### **2.4.3. Polimer bazlı oleojel sistemleri**

Bu oleojellerin viskoelastik özellikleri, belirli kullanım alanlarına göre özelleştirilebilmeleri ve genellikle daha yüksek yapısal kararlılık göstermeleri nedeniyle lipit bazlı sistemlerden önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Pinto vd., 2021). Jelin bütünsel yapısını güçlendirmek amacıyla, polimer bazlı oleojeller çoğunlukla daha uzun doğrusal viskoelastik bölgeler sergilemekte olup, bu durum polimerlerle yağ fazı arasında daha güçlü etkileşimlerin varlığına işaret etmektedir (Naderi vd., 2024). Bu nedenle, işlenmiş gıdalar gibi kararlı bir yapının kritik olduğu uygulamalar bu sistemlerden önemli ölçüde yarar sağlamaktadır. Polimer bazlı oleojellerin farklı gıda ürünlerinde kullanımı, bu materyallerin çok yönlülüğünü ortaya koymaktadır. Fırıncılık ürünlerinde, soslarda ve salata soslarında yağ ikamesi olarak kullanıldıklarında, lezzet bütünlüğünü korurken dokusal özellikleri iyileştirebilmektedirler. Geleneksel yağ bazlı hamurlarla karşılaştırıldığında, polimer bazlı oleojellerin hamur formülasyonlarına eklenmesinin hava tutma kapasitesini artırdığı; bunun da fırınlanmış ürünlerin hacmini ve dokusunu olumlu yönde etkilediği gösterilmiştir (Ferdaus vd., 2024). Ayrıca, daha sağlıklı alternatifler arayan tüketiciler için bu polimerlerin oluşturduğu jel ağı önemli avantajlar sunmaktadır. Çünkü söz konusu jel ağı, sindirim sürecinde lipit salınımını kontrol edebilmekte; böylece daha dengeli bir fizyolojik yanıtın ortaya çıkmasına katkıda bulunarak tokluk hissinin daha uzun süre devam etmesini sağlayabilmektedir. Bu durum, aşırı yeme eğilimini ve yüksek kalorili besin alımını azaltmaya yardımcı olabilmektedir (Alweera, vd., 2021; Pakseresht, vd., 2023). Polisakkaritler, iki aşamalı bir işleme önceden hidratlanarak hidrofobik yağlarla karıştırılabildikleri için polimer bazlı oleojellerin bileşiminde yaygın olarak kullanılan bileşenlerdir. Bu teknik sayesinde yağ fazı, biyopolimer matrisi içerisinde fiziksel olarak hapsedilebilmektedir (Patel, 2015). Agar, jellan ve ksantan zankı; polimer olarak kullanılabilen hidrokolloidlerin yani suda çözünebilir veya kolloidal biçimde dağılılabilen, koyulaştırıcı ya da viskozite artırıcı özellikteki kompleks, sindirilemez polisakkaritlerin başlıca örnekleridir. Bu hidrokolloidlerin her biri, oleojellerin genel stabilitesini ve işlevselliğini etkileyen farklı reolojik ve termal özellikler sergilemektedir (Mi vd., 2025). Polimer bazlı oleojellerin üretiminde en yaygın kullanılan yaklaşımlardan biri emülsiyon kalıplama yöntemidir. Bu yöntemde öncelikle kararlı bir emülsiyon oluşturulur ve ardından sulu faz uzaklaştırılarak yağ fazının bir jel ağında yoğunlaşması sağlanır. Böylece yağ fazını tutan konsantre bir jel yapı elde edilerek oleojel oluşumu mümkün hâle gelir (Mi vd., 2025). Emülsiyon kalıplama tekniği, kontrollü yağ salınım özelliklerine sahip oleojellerin üretimini kolaylaştırması nedeniyle özellikle avantajlıdır. Bu özellikleri sayesinde söz konusu oleojeller, şekerleme ürünleri ile fırıncılık ürünleri başta olmak üzere çeşitli gıda uygulamaları için uygun bir alternatif sunmaktadır (Alweera vd., 2021). Lipit bazlı ve protein bazlı oleojellere kıyasla, polimer

bazlı sistemler daha düşük maliyet, daha kolay formülasyon ve doku ile ağız hissinin daha basit biçimde modifiye edilebilmesi gibi çeşitli avantajlara sahiptir. Oleojellerin özelliklerinin daha ileri düzeyde özelleştirilebilmesi, üreticilerin ürünlerini belirli beslenme gereksinimlerine veya tüketici tercihlerine göre uyarlamalarına olanak tanıyan suda çözünür polimerlerin kullanılmasıyla mümkün hâle gelmiştir (Pawar vd., 2024). Gıda üreticilerinin doymuş yağlara alternatif arayışlarını sürdürmesi, polimer bazlı oleojelleri gıda formülasyonunda yenilikçi yaklaşımlar için umut verici bir aday hâline getirmektedir. Bu bağlamda hibrit bazlı oleojel sistemleri, gıdalarda kullanılan farklı oleojel türlerini sınıflandırırken dikkat çeken bir kategori oluşturmaktadır. Tek bileşenli sistemlerden farklı olarak hibrit bazlı oleojeller, lipitler, proteinler ve polimerler gibi iki veya daha fazla yapılandırıcı maddeyi bir araya getirerek her bir bileşenin avantajlarını en üst düzeye çıkarır. Bu sayede daha üstün dokusal özellikler, daha yüksek stabilite ve geliştirilmiş besin profilleri sunabilmektedir. Uyarlanabilir nitelikleriyle hibrit oleojeller, gıda formülasyonu ve ürün geliştirmede karşılaşılan spesifik sorunlara yönelik etkili çözümler sağlayan yenilikçi bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Hibrit sistemlerde jelin temel yapısını oluşturan lipitler, çoğunlukla proteinler veya polimerlerle birleştirilerek stabiliteyi, dokuyu ve bileşen salım özelliklerini artıran bir matris meydana getirir. Lipit temelli sistemlere polimerik veya protein bazlı jelatörlerin eklenmesi, oleojelin viskoelastik özelliklerinin güçlendirilmiş bir ağ yapısının oluşumu ile iyileştirilmesini sağlamaktadır (Plazzotta vd., 2022).

## 2.5. Oleojellerin Gıda Endüstrisindeki Uygulamaları

Oleojeller, Şekil 2 ve Tablo 1’de gösterildiği üzere, farklı gıda ürünleri ve gıda gruplarını kapsayan çeşitli uygulamalara sahiptir. Bu uygulamalar, bu bölümde aşağıda ayrıntılı bir şekilde ele alınmaktadır.



Şekil 2. Oleojellerin farklı gıda ürünlerinde uygulanması

Tablo 1. Oleojellerin farklı gıda gruplarında uygulanması.

Gıda Grubu	Oleojel organik faz	Kullanılan Jelatör(ler)	Elde Edilen Sonuç	Referans
Et Ürünleri	Kanola yağı	Etilselüloz (%8, %10, %12, %14) sorbitan monostearat (%1,5, %3,5) ile veya sorbitan monostearatsız	Oleojel, duysal ve doku profili analiziyle sığır yağıyla karşılaştırılabilir bir sertlik değeri ortaya çıkarmıştır.	Zhang vd., 2022
	Keten tohumu yağı	$\gamma$ -orizanol ve $\beta$ -sitosterol	Et köftelerinde domuz yağının %25 ve %75 oranında başarılı bir şekilde değiştirilmesi.	Palla vd., 2014
	Zeytinyağı, balık yağları ve keten tohumu yağlarının karışımı	%11 balmumu	Oleojel kullanımı, patelerde %15 oranında domuz sırt yağı azalmasına yol açmıştır.	Chen, 2023
	Kanola, soya ve keten tohumu yağlarına ek olarak eritilmiş sığır yağı	Etilselüloz + %5 sorbitan monostearat	Oleojelin lipit fazı olarak sığır yağı kullanıldığında et hamurlarının sertliği daha yüksektir.	Patel vd., 2013
Pastacılık Ürünleri	Fındık yağı	%5 ayçiçeği mumu veya %5 bal mumu	Ticari fırıncılık yağının %100'ünün yerine geçmiştir.	Calligaris vd., 2020
	Kanola yağı	%3 ve %6 kandelilla mumu	Kurabiye yağının %30'u %3 kandelilla mumu ile, %60'ı ise %6 kandelilla mumu ile değiştirilmiştir.	Wright ve Marangoni; 2018
	Ayçiçek yağı	%10 balmumu	Balmumu oleojeli, keklerde %100 yağın yerini alabileceği belirlenmiştir.	Wijarnprecha vd., 2019

Tablo 1. Oleojellerin farklı gıda gruplarında uygulanması (Devamı).

Gıda Grubu	Oleojel organik faz	Kullanılan Jelatör(ler)	Elde Edilen Sonuç	Referans
Süt Ürünleri	Yüksek oleik ayçiçek yağı	%10 pirinç kepeği mumu, kandelilla mumu veya karnauba mumu	Pirinç kepeği mumu, dondurma üretiminde jelleştirici olarak en iyi performansı göstermiştir.	Kavya vd., 2022
	Ayçiçek yağı	%8 veya %12.5 fitosterol ve $\gamma$ -orizanol karışımları	%12 jelatör daha iyi sonuçlar vermiştir	Noonim vd., 2022
	Yüksek oleik soya yağı	%10 pirinç kepeği mumu	Isıl işlem sonucunda bitkisel oleojel krem peynirin depolamada minimum bozunması sağlanmıştır.	Zhang vd., 2023
Şekerleme Ürünleri	Pirinç kepeği yağı	%1,5, %2, %2,5, %3 veya %3,5 balmumu	Fındık dolgusunda %17 oranında palm yağı yerine oleojel kullanılmıştır. Yağ bağlama özellikleri de gözlemlenmiştir.	Barroso vd., 2022
	Ayçiçek yağı	%10 veya %25 oranında $\gamma$ -orizanol ve $\beta$ -sitosterol karışımları	Ayçiçek yağı oleojellerinin %2,5'i veya %14'ü pralin sistemlerine katmanlandığında yağ göçü %50 oranında azalmıştır.	Qu vd., 2022
	Nar çekirdeği yağı	%5 doymuş monogliseritler, balmumu ve propolis mumu	Oleojeller, çikolatalı kremlerde palmye yağının %50'sini değiştirmiştir.	Millao vd., 2025
	Kolza yağı	%2 gomalak mumu	Oleojel, yağ bağlama kapasitesinde artış sağlamıştır.	Zampouni vd., 2022

### 2.5.1. İşlenmiş gıdalarda yağ ikameleri

Oleojeller, sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle son yıllarda dikkat çeken malzemeler hâline gelmiştir. Literatürde bildirildiği üzere, oleojeller lipit sindirilebilirliğini önemli ölçüde azaltarak toplam yağ alımını düşürmektedir. Bu durumun bir sonucu olarak kan trigliserit düzeyleri ve toplam kolesterol seviyeleri azalarak serum lipit profili iyileşmekte ve kardiyovasküler sağlık üzerinde olumlu etkiler ortaya çıkmaktadır (Tan vd., 2023). Nitekim yapılan dikkat çekici bir çalışmada, hindistan cevizi oleojelleriyle hazırlanan yemekleri tüketen bireylerin, geleneksel hindistan cevizi yağıyla hazırlanmış yemekleri tüketenlere kıyasla daha düşük kan trigliserit seviyeleri gösterdiği belirlenmiştir (Khaw vd., 2018). Oleojellerin özgün yapısal özellikleri, sindirim sürecini yavaşlatmakta ve diyet yağlarının emilimini sınırlandırarak kalori alımında azalma sağlamaktadır. Oleojellerin mekanik direnci, lipit lipoliz hızını düşürmekte ve böylece sindirim sistemindeki yağ emilimini azaltma potansiyellerini ortaya koymaktadır (Xu vd., 2022). Oleojeller, geleneksel yağların yapısal ve bileşimsel özelliklerini büyük ölçüde taklit ederek işlenmiş gıdalarda yağ ikamesi olarak kullanılmaktadır. Daha önce belirtildiği gibi, etilselüloz veya hidroksipropil metilselüloz gibi oleojeller, eriyik karıştırma veya su içindeki yağ emülsiyonları gibi teknikler aracılığıyla yenilebilir yağlarla birlikte kullanılarak jel benzeri yapılar oluşturur (Liu vd., 2024). Oleojelin istenen kıvamını korumasını sağlamak için, jel yapısını oluşturan yağ tutucu ağ, hazırlık sürecinde kullanılan çözücülerin uzaklaştırılmasıyla stabilize edilir; bu amaçla vakumlu kurutma veya açık havada buharlaştırma gibi yöntemler uygulanmaktadır. Krema peynir, dondurma ve unlu mamuller gibi ürünlerde, oleojellerin katı yağların duyuşal özelliklerini ve ağız hissini taklit edebilme yeteneği, genel tüketici deneyiminin iyileştirilmesinde temel bir rol oynamaktadır (Silva vd., 2023). Tüketicilerin daha sağlıklı gıdaları tercih etmesiyle birlikte, üreticiler oleojelleri “temiz etiket”li alternatifler olarak araştırmaya başlamıştır.

### 2.5.2. Fırıncılık ürünleri

Oleojeller, kekler, kurabiyeler ve pastalar da dahil olmak üzere çeşitli unlu mamullere başarıyla entegre edilmiştir. Araştırmalar, oleojellerle formüle edilen kurabiyelerin, geleneksel katı yağlarla hazırlananlara benzer ağız hissi, tat ve genel kabul edilebilirlik sunduğunu göstermektedir (Kumar vd., 2025). Benzer şekilde, kek formülasyonlarında kullanılan geleneksel yağlar, doku veya lezzet üzerinde olumsuz etki yaratmadan oleojellerle değiştirilebilir. Mevcut kanıtlar, oleojellerin unlu mamullerde etkili bağlayıcı maddeler olarak işlev görerek ürün stabilitesini artırdığını ve raf ömrünü uzattığını ortaya koymaktadır (Parmar vd., 2022).

### 2.5.3. Şekerleme ürünleri

Oleojellerin uygulama alanı, özellikle çikolata sektörü olmak üzere şekerleme endüstrisine de yayılmıştır. Beta-sitosterol bazlı oleojeller ve diğer doğal kaynaklı sistemler, istenen duyuşal özellikleri korurken daha sağlıklı çikolata formülasyonları üretme potansiyelleri açısından araştırılmıştır (Puscas vd., 2020). Ayrıca, oleojeller, ürün stabilitesini artırmaları ve hidrojene yağlara uygulanabilir alternatifler sunmaları nedeniyle çikolata dolgularında ve sürülebilir ürünlerde de kullanılmıştır (Arshad vd., 2024). Günümüzde, birçok ülkenin mevzuatı oleojellerin standart çikolatada kullanılmasına izin vermese de, oleojel bazlı çikolata ürünlerinin çikolata aromalı veya bileşik kaplama olarak etiketlenmesine olanak tanımaktadır.

#### 2.5.4. Yenilebilir kaplamalar

Olejeller, kendilerine özgü yapıları sayesinde biyoaktif bileşenlerin kapsüllenmesinde ve yenilebilir kaplamaların oluşturulmasında kullanılabilir. Geleneksel kaplamaların duyu özelliklerini taklit edecek şekilde tasarlanabilen oleojeller, bu nedenle gıda ürünlerinde dokusal uygulama açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Ayrıca, oleojellerin gıda malzemeleri ile içerdikleri biyoaktif bileşenlerin bütünlüğünü korumada temel bir rol oynayan emülsiyon stabilitesini artırdığı ve böylece depolama süresince gıda kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağladığı gösterilmiştir (Perta- Crisan vd., 2023). Yapılan araştırmalar, oleojellerin yalnızca biyoaktif bileşenleri yüksek verimle kapsüllemekle kalmayıp, aynı zamanda sindirim sürecinde kontrollü ve kademeli salınımlarını da kolaylaştırdığını ortaya koymaktadır (Prusty ve Sudha., 2023). Oleojeller, gıda malzemelerinde birçok istenen özelliği sağlamasına rağmen, geleneksel malzemelere kıyasla göreceli olarak yüksek üretim maliyetleri nedeniyle yaygın kullanımını sınırlayabilir (Silva vd., 2021). Olejel tasarımında, çignenebilirlik, yapışkanlık ve sertlik gibi parametreler, geleneksel kaplamaların istenen dokusal özelliklerinin elde edilmesi açısından temel öneme sahiptir. Yenilebilir kaplamalar olarak oleojellerin etkinliği büyük ölçüde dokusal özelliklerine bağlıdır (Dimakopoulou-Papazoglou vd., 2023). Bunun yanı sıra, oleojellerin performansını belirleyen bir diğer kritik faktör de emülsiyon stabilitesidir. Kaplamanın uzun süreli etkinliğini sürdürebilmesi için sıvı fazın bütünlüğünün korunması ve tutarlı bir yapı oluşturulması gerekmektedir (Patel vd., 2014). Araştırmalar, belirli olejelatörlerle hazırlanan oleojellerin emülsiyon stabilitesini artırabileceğini ve bunun da biyoaktif madde kapsülleme kapasitesini yükselterek depolama koşullarında gıda kalitesinin korunmasına katkı sağladığını göstermiştir. Ayrıca, oleojeller oksijen ve nem geçişini sınırlayan bir bariyer görevi görerek ürünlerin raf ömrünü uzatmakta ve içinde kapsüllenen biyoaktif bileşenlerin sağladığı sağlık yararlarının korunmasına olanak tanımaktadır (Caldas-Abril vd., 2025). Oleojellerin üç boyutlu yapısı, hassas biyoaktif bileşenleri etkili bir şekilde koruyarak gıda üretimi sırasında işleme ve depolama süreçleri boyunca bu bileşenlerin etkinliğinin sürdürülmesini sağlamaktadır (Prusty ve Sudha., 2023). Oleojeller, kapsülleme kabiliyetleri sayesinde yağda çözünen vitaminler (A, D, E ve K), antioksidanlar ve probiyotiklerin taşınmasını ve emilimini iyileştirmekte; böylece sağlık ve beslenme üzerindeki olumlu etkilerini artırmaktadır. Bu özellik özellikle önemlidir çünkü söz konusu vitaminler ışık, ısı ve nem gibi çevresel faktörlere karşı son derece hassastır ve kolayca okside olarak bozulabilirler (Tian vd., 2023). Mikrokapsülleme ve emülsiyon teknikleri gibi yöntemler, oleojellerin performansını optimize etmek amacıyla uygulanmış olup, literatürde yüksek kapsülleme verimliliği ve gastrointestinal sistemde biyoaktif bileşiklerin başarılı bir şekilde korunması bildirilmiştir (Fazio vd., 2020). Kapsülleme yöntemlerindeki son gelişmeler, oleojellerin vitaminleri, antioksidanları ve omega-3 yağ asitlerini işleme ve depolama sırasında bozunmaya karşı koruyabildiğini ortaya koymaktadır (Shishir vd., 2024). Örneğin, yakın zamanda gerçekleştirilen bir çalışma, iki aşamalı emülsiyon-şablon yöntemi kullanılarak C vitamininin oleojellerde etkin bir şekilde kapsüllenebileceğini göstermiştir; oleojellerin üstün antioksidan özellikleri sayesinde vitaminin bütünlüğü ve yapısı korunmuştur (Agriopoulou vd., 2023). Oleojellerin yenilebilir kaplamalar ve kapsülleme ajanları olarak kullanımı, özellikle gıda sektöründe geleneksel petrol bazlı malzemelere

sürdürülebilir ve güvenli bir alternatif sunmaktadır. Araştırmalar, oleojeller aracılığıyla yapılan kapsüllemenin biyoaktif bileşenleri güneş ışığına, ısı işlemlere ve oksidasyona karşı koruyarak gıda ürünlerinde homojen bir dağılım sağladığını göstermektedir (Khalid vd., 2022). Bununla birlikte, oleojel bazlı gıda ürünlerinin ticarileştirilmesinden önce bazı sınırlamaların belirlenmesi ve bilgi eksikliklerinin giderilmesi gerekmektedir. Bu eksikliklerin giderilmesi, gıda sektöründe oleojel teknolojilerinin yaygınlaşması ve tüketiciler tarafından kabul görmesi açısından kritik öneme sahiptir (Günel-Koroglu, vd., 2024).

#### **2.5.5. Et ve süt ürünü alternatifleri**

Bitki bazlı et analogları ve süt ikameleri, dokusal özellikleri değiştirilerek oleojel formülasyonlarına dahil edilebilir. Oleojeller, işlenmiş etlerde ve bitki bazlı ikamelerde bulunan hayvansal yağların dokusunu taklit edecek şekilde üretilebilmekte ve böylece ağızda bıraktığı his ile ürünün sululuğunu artırabilmektedir (Lee vd., 2025). Özellikle palm stearin ve ayçiçek yağı gibi yüksek erime noktasına sahip bitkisel yağlardan oleojel kısaltmaları üretmek amacıyla birçok araştırma gerçekleştirilmiştir (Temkov ve Muresan, 2021). Jelleşme süreci ve elde edilen oleojellerin özellikleri, bitki bazlı et ürünlerinin yapılandırılması ile yağ ve doku dağılımlarının iyileştirilmesi açısından önemli avantajlar sunmaktadır (Norsuwan vd., 2025). Ayrıca, bitkisel proteinler oleojellerin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için gerekli özellikleri taşımaktadır. Amfililik yapıları sayesinde hem lipid hem de sulu fazlarla etkin bir şekilde etkileşime girebilir, böylece emülsifikasyon, köpürme ve jelleşme özelliklerine katkı sağlarlar (Czapalay ve Marangoni, 2024). Bu proteinlerin yüzey yükleri ve reaktif gruplarının varlığı gibi yapısal özellikleri ise oleojellerin işlevselliğini belirleyen önemli faktörler arasında yer almaktadır. Ekstrüde edilebilir yağ teknolojisindeki gelişmeler sayesinde, üreticiler oleojelleri diğer bitkisel protein bileşenleri ile birleştirerek bifteklerdeki yağ mermerleşmesini taklit eden daha gerçekçi et dokuları elde edebilmektedir. Bu yaklaşım, bitki bazlı et ürünlerini estetik açıdan daha çekici hâle getirmenin yanı sıra, tüketicilerin genel yeme deneyimini de önemli ölçüde iyileştirmektedir (Norsuwan vd., 2025). Bitki bazlı et ikameleri bağlamında yapılan çalışmalar, oleojellerin bu ürünlerdeki çok sayıda potansiyel kullanımını ortaya koymuştur. Bulgular, oleojel eklemenin, sıklıkla hoş olmayan dokulara ve istenmeyen tatlara sahip olan bitki proteinlerinin duyu özelliklerini iyileştirebileceğini göstermektedir. Oleojeller, genel lezzeti artırarak bu istenmeyen tatları maskeleyebilir ve tüketicilere daha hoş bir deneyim sunabilir. Buna rağmen, oleojellerde uygun erime sıcaklığı gradyanını elde etmek hâlen önemli bir zorluk teşkil etmektedir; bu gradyan, oda sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda eriyen katı yağların kullanıldığı mermer et dokusunun duyu özelliklerini taklit edebilmek için gereklidir (Kumar vd., 2025). Bitki bazlı ikamelere olan talebin artmasıyla birlikte, bitki bazlı et formülasyonlarında oleojellerin araştırılması, doku modifikasyonu, inovasyon ve teknolojik ilerleme için çok sayıda fırsat sunmaktadır. Ayrıca, tüketicilerin dokusal tercihlerine yönelik daha kapsamlı çalışmalar, oleojel formülasyonlarının belirli damak tatlarına uygun hâle getirilmesine ve ürünlerin pazarlanabilirliğinin artırılmasına katkı sağlayacaktır (Serdaroglu vd., 2024).

### 3. Nutrasötiklerin Dağıtımında Oleojeller

Nutrasötikler olarak tanımlanan gıdalar veya gıda bileşenleri, belirli hastalıkların tedavisinde veya önlenmesinde etkili olabilmektedir (Brower, 1998).  $\beta$ -Karoten, likopen, kurkumin, dokosaheksaenoik asit (DHA), eikosapentaenoik asit (EPA), linoleik asit, linolenik asit, tanenler, flavanoller ve fitosteroller yağda çözünebilen nutrasötik maddelere örnek olarak verilebilir (Singhal vd., 2023). Bu biyoaktif bileşiklerin terapötik etkinliği, kontrollü salınım sağlayan oleojel sistemleri kullanılarak artırılabilir. Oleojellerde sıklıkla sürekli sıvı faz olarak tercih edilen bitkisel yağlar, doğal bir besin kaynağı olmalarının yanı sıra fitosteroller ve bunların esterleri bakımından da zengindir. Fitosteroller oleojel matrisi içine dahil edildiğinde, terapötik veya biyoaktif maddelerle birlikte hedef bölgeye taşınarak etkinin düzenlenmesine katkı sunmaktadır.  $\beta$ -Sitosterol, dehidrokolesterol, stigmasitosterol ve çeşitli lipitler dâhil olmak üzere fitosteroller, oleojelatör ve nutrasötik bileşen olarak işlev görebilmektedir. Ayçiçeği çekirdeği yağı jellerinin oluşturulmasında  $\gamma$ -orizanol ile birleştirilen fitosteroller kullanılarak, küçük ve kısa fibrillerden oluşan berrak oleojeller elde edilmiştir (Bot ve Agterof, 2006). Seramidler ve seramid türevi yağ asitlerinin tüketilmesi, sıçanlarda serum kolesterol düzeylerinde %30 oranında azalma ve genel serum lipoprotein profilinde iyileşme sağlamıştır (Bot vd., 2008). Ayrıca, polikosanol/zeytinyağı kullanılarak üretilen bir yağ oleojeli, nutrasötik bir bileşen olan ferulik asidin oral yolla iletimi amacıyla geliştirilmiştir. Antioksidan özellikleri sayesinde ferulik asit; diyabet, Alzheimer hastalığı, kanser ve diğer dejeneratif bozuklukların tedavisinde potansiyel kullanım alanlarına sahiptir (Lupi vd., 2022) Özetle, çalışmalar oleojellerin, hastalıkları önleme veya hafifletme kapasitesi taşıyan nutrasötik maddelerin taşınmasında etkili bir sistem olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Oleojel matrisi içerisine entegre edilen ferulik asit ve fitosteroller gibi biyoaktif bileşikler; kolesterol seviyelerinin düşürülmesi ve çeşitli dejeneratif rahatsızlıkların tedavi edilmesi açısından umut verici sonuçlar ortaya koymuştur. Oleojeller, kontrollü salınım imkânı sunarak bu bileşiklerin biyoyararlanımını ve terapötik etkinliğini artırmakta, böylece sağlıkla ilişkili sonuçların iyileştirilmesi için önemli fırsatlar sağlamaktadır.

### 4. Sonuç

Oleojeller, katı yağların yerine kullanılabilmesi ve çeşitli gıda ürünlerinin besinsel kalitesini artırabilmesi nedeniyle gıda endüstrisinde önemli bir ilgi odağı hâline gelmiştir. Bu ilginin temelinde, jel davranışının depolama modülünün ( $G'$ ) kayıp modülünden ( $G''$ ) daha yüksek olduğu koşullarda ortaya çıkması yatmaktadır. Bu durum, jelatörlerin nano ve mikro ölçekte uyguladığı yapılandırma etkisinin bir sonucudur. Dolayısıyla oleojeller, doymuş yağ içeriğini azaltırken ürün dokusunu modüle edebilen, ağız hissini iyileştirebilen ve raf ömrünü uzatabilen çok yönlü işlevsel bileşenler olarak değerlendirilmektedir. Oleojellerin faydaları, geleneksel yağların işlevsel özelliklerini taklit edebilmeleri nedeniyle özellikle sürülebilir ürünler, soslar ve fırınlanmış gıdalar gibi uygulamalarda dikkat çekicidir. Bitki bazlı beslenmeye olan ilginin artması ve daha sağlıklı gıda alternatiflerine yönelik eğilim, oleojel teknolojisine ilişkin kapsamlı araştırma ve geliştirme çalışmalarını teşvik etmiştir. Bu doğrultuda, literatürde oleojellerin fizikokimyasal

özellikleri, formülasyon stratejileri, stabiliteleri ve duyuşal performanslarına odaklanan çalışmaların sayısı giderek artmaktadır. Araştırmalar, oleojellerin hem doğal hem de sentetik polimerler dâhil olmak üzere çeşitli jelleştirici maddeler kullanılarak formüle edilebildiğini ve bu jelleştiricilerin gıda uygulamalarındaki işlevsellik üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca oleojeller, çeşitli aktif farmasötik bileşenlerin iletimi için kararlı, ölçeklenebilir ve çok yönlü platformlar sunarak ilaç endüstrisinde yenilikçi bir yarı katı dozaj sistemi olarak öne çıkmaktadır. Farklı yapılandırıcı ajanların kullanımı, oleojellerin reolojik özellikleri üzerinde hassas bir kontrol sağlayarak kişiye özel ilaç salım profillerinin oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Oleojeller; oftalmoloji, dermatoloji, yara iyileşmesi ve ağrı yönetimi gibi çeşitli terapötik alanlarda başarılı biçimde kullanılmakta, hem hidrofilik hem de lipofilik ilaçların hedef bölgelere etkin şekilde iletilmesini mümkün kılmaktadır. Formülasyona dahil edilen aktif maddeler, sistemlerin terapötik potansiyelini daha da artırmaktadır. Araştırma ve geliştirme faaliyetleri ilerledikçe oleojellerin, farmasötik formülasyonlarda önemli yenilikler sunarak terapötik etkinliği artırma ve hasta memnuniyetini iyileştirme konusunda güçlü bir potansiyel taşıdığı öngörülmektedir. Bununla birlikte, oleojellerin vaat edilen potansiyeline rağmen uzun vadeli sağlık etkileri ve tüketici kabulü henüz kapsamlı biçimde değerlendirilmemiştir. Bazı jelleştirici maddelerin olası sağlık etkilerine ilişkin soru işaretlere sürmektedir, ayrıca yeni gıda katkı maddelerine yönelik yasal düzenlemeler hâlen netlik kazanmamıştır. Üstelik oleojel bazlı ürünlerin duyuşal özellikleri önemli ölçüde çeşitlilik gösterebilmekte ve bu durum pazar kabulünü doğrudan etkileyebilmektedir. Sonuç olarak, oleojeller sağlık trendleri ve tüketici talepleriyle uyumlu biçimde gıda reformülasyonu için umut verici bir yaklaşım sunmaktadır; ancak mevcut sınırlamaların giderilmesi ve bu sistemlerin gıda matrislerine entegrasyonunun optimize edilmesi amacıyla daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Oleojellerin gıda endüstrisinde başarılı bir şekilde benimsenmesi ise teknolojik inovasyon, mevzuata uygunluk ve tüketici güveninin dengeli bir biçimde ele alınmasına bağlı olacaktır.

## **Kaynakça**

- Agriopoulou, S., Tarapoulouzi, M. Varzakas, T. & Jafari, S.M. (2023). Application of encapsulation strategies for probiotics: from individual loading to co-encapsulation. *Microorganisms* 11, 2896.
- Akl, E.M., Abd-Rabou, A.A. & Hashim, A.F. (2025). Anti-colorectal cancer activity of constructed oleogels based on encapsulated bioactive canola extract in lecithin for edible semisolid applications. *Sci. Rep.* 15, 4945.
- Alweera, A., Kausar, J., Rayees, I. & Kaiser, Y. (2021). Protein-based functional colloids and their potential applications in food: A review. *LWT* 154, 112667.
- Arshad, R., Mazhar, F.B., Arshad, K. & Xu, B. (2024). Unlocking the potential of oleogels in edible applications and health impacts. *Appl. Food Res.* 4, 100620.
- Barroso, N.G., Santos, M.A.S., Okuro, P.K., Cunha, R.L. (2022). Composition and process approaches that underpin the mechanical properties of oleogels. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 99, 971–984.

- Bonaccorsi, L., Calandra, P., Kiselev, M.A., Amenitsch, H., Proverbio, E. & Lombardo, D. (2013). Self-assembly in poly(dimethylsiloxane)- poly(ethylene oxide) block copolymer template directed synthesis of linde type A zeolite. *Langmuir* 29, 7079 – 7086.
- Bot, A., Adel, R., Roijers, E. (2008). Fibrils of  $\gamma$ -Oryzanol +  $\beta$ -Sitosterol in edible oil organogels. *J Am Oil Chem Soc.* 85(12):1127–34.
- Bot, A. & Agterof, W.G.M. (2006). Structuring of edible oils by mixtures of  $\gamma$ -oryzanol with  $\beta$ -sitosterol or related phytosterols. *J Am Oil Chem Soc*, 83:513 – 21.
- Brower, V. (1998). Nutraceuticals: poised for a healthy slice of the healthcare market. *Nat Biotechnol.* 16:728 – 31.
- Caldas-Abril, M., Bauer-Estrada, K., Gallardo-Salas, M., Bonilla-Bravo, V., Pacheco-Pappenheim, S. & Quintanilla-Carvajal, M.X. (2025). Preparation of edible oleogels via encapsulation of high-oleic palm oil using spray drying: Structural characterization and their application as fat substitutes in ice cream. *Food Hydrocoll. Health* 7, 100207.
- Calligaris, S., Alongi, M., Lucci, P. & Anese, M. (2020). Effect of different oleogelators on lipolysis and curcuminoid bioaccessibility upon in vitro digestion of sunflower oil oleogels. *Food Chem.* 314, 126146.
- Chaves, K.F., Barrera-Arellano, D. & Ribeiro, A.P.B. (2018). Potential application of lipid organogels for food industry. *Food Res. Int.* 105, 863 – 872.
- Chen, Z. (2023). The application and potential of oleogels in the food industry. *Highlights Sci. Eng. Technol.* 80, 49 – 56.
- Colella, M.F., Marino, N., Oliviero Rossi, C., Seta, L., Caputo, P. & De Luca, G. (2023). Triacyl-glycerol composition and chemical-physical properties of cocoa butter and its derivatives: NMR, DSC, X-ray, Rheological Investigation. *Int. J. Mol. Sci.* 24, 2090.
- Czapalay, E. & Marangoni, A. (2024). Functional properties of oleogels and emulsion gels as adipose tissue mimetics. *Trends Food Sci. Technol.* 153, 104753.
- Davidovich-Pinhas, M., Barbut, S. & Marangoni, A.G. (2016). Development, characterization, and utilization of food-grade polymer oleo gels. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, 7, 65 – 91.
- Dimakopoulou-Papazoglou, D., Giannakaki, F. & Katsanidis, E. (2023). Structural and physical characteristics of mixed-component oleogels: natural wax and monoglyceride interactions in different edible oils. *Gels* 9, 627.
- Eelkema, R. & Pich, A. (2020) Pros and cons: supramolecular or macromolecular: what is best for functional hydrogels with advanced properties. *Adv. Mater.* 32, 1906012.
- Fazio, A., La Torre, C., Caroleo, M.C., Caputo, P., Plastina, P. & Cione, E. (2020). Isolation and purification of glucans from an italian cultivar of ziziphus jujuba mill. and in vitro effect on skin repair. *Molecules* 25, 968.

- Feng, Y., Yu, J., Sun, D., Ren, W., Shao, C. & Sun, R. (2022). Solvent-induced in-situ self-assembly lignin nanoparticles to reinforce conductive nanocomposite organogels as anti-freezing and anti-dehydration flexible strain sensors. *Chem. Eng. J.* 433, 133202.
- Ferdaus, M.J., Mahmud, N., Talukder, S. & Silva, R.C.d. (2025). Characteristics and functional properties of bioactive oleogels: a current review. *Gels* 11, 69.
- Ferdaus, M.J., Barman, B., Mahmud, N. & da Silva, R.C. (2024). Oleogels as a promising alternative to animal fat in saturated fat-reduced meat products: a review. *Gels* 10, 92.
- Gengatharan, A., Vaizura Mohamad, N., Nur Mazadillina Che Zahari, C. & Vijayakumar, R. (2023). Oleogels: Innovative formulations as fat substitutes and bioactive delivery systems in food and beyond. *Food Struct.* 38, 100356.
- Günel-Koroglu, D., Subasi, B.G., Saricaoglu, B., Karabulut, G. & Capanoglu, E. (2024). Exploring the frontier of bioactive oleogels in recent research. *Trends Food Sci. Technol.* 151, 104613.
- Hughes, N.E., Marangoni, A.G., Wright, A.J., Rogers, M.A., Rush, J.W. (2009). Potential food applications of edible oil organogels. *Food Sci. Technol.* 20, 470 – 480.
- Kaushik, I., Jain, A., Grewal, R.B., Siddiqui, S., Gahlot, R. & Anju, R. (2017). Organogelation: It's food application. *MOJ Food Process Technol.*, 4, 66 – 72.
- Kavya, M., Udayarajan, C., Fabra, M.J., Lopez-Rubio, A. & Nisha, P. (2022). Edible oleogels based on high molecular weight oleogelators and its prospects in food applications. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 64, 4432 – 4455.
- Khalid, M.A., Niaz, B., Saeed, F., Afzaal, M., Islam, F., Hussain, M., Mahwish., Khalid, H.M.S., Siddeeg, A. & Al-Farga, A. (2022). Edible coatings for enhancing safety and quality attributes of fresh produce: A comprehensive review. *Int. J. Food Prop.* 25, 1817 – 1847.
- Khaw, K., Sharp, S.J., Finikarides, L., Afzal, I., Lentjes, M., Luben, R. & Forouhi, N.G. (2018). Randomised trial of coconut oil, olive oil or butter on blood lipids and other cardiovascular risk factors in healthy men and women. *BMJ Open* 8, e020167.
- Kumar, A., Kumar, N. & Sharma, H.K. (2025). Development and characterization of groundnut oil-based oleogels for replacing saturated fats in cookies formulations. *Discov. Food* 5, 30.
- Kuzina, M.A., Kartsev, D.D., Stratonovich, A.V. & Levkin, P.A. (2023). Organogels versus Hydrogels: Advantages, Challenges, and Applications. *Adv. Funct. Mater.* 33, 2301421.
- Lee, H.J., Han, J.H., Keum, D.H., Kothuri, V., Shin, D.M. & Han, S.G. (2025). Quercetin-loaded candelilla wax/sunflower oil oleogels: Structural, sensory, and storage properties, and application as fat replacer in emulsion-type sausage. *Food Chem.* 479, 143847.
- Li, S.; Wu, G.; Li, X.; Jin, Q.; Wang, X.; Zhang, H. (2021). Roles of gelator type and gelation technology on texture and sensory properties of cookies prepared with oleogels. *Food Chem.* 356, 129667.

- Liu, L., Gao, Z., Chen, G., Yao, J., Zhang, X., Qiu, X. & Liu, L. (2024). A comprehensive review: Impact of oleogel application on food texture and sensory properties. *Food Sci. Nutr.* 12, 3849 – 3862.
- Lopez-Pedrouso, M., Lorenzo, J.M., Gullon, B., Campagnol, P.C.B & Franco, D. (2021). Novel strategy for developing healthy meat products replacing saturated fat with oleogels. *Curr. Opin. Food Sci.* 40, 40 – 45.
- Lupi, F.R., Shakeel, A., Farooq, U., Baldino, N., Gabriele, D. (2022). Edible oleogels produced with fatty alcohols: the use of policosanol as an oleogelator. *Development of Trans-free Lipid Systems and their Use in Food Products* (pp.139-156)
- Manzoor, S., Masoodi, F.A., Naqash, F. & Rashid, R. (2022). Oleogels: Promising alternatives to solid fats for food applications. *Food Hydrocoll. Health* 2, 100058.
- Matheson, A., Dalkas, G., Clegg, P.S. & Euston, S.R. (2018). Phytosterol-based edible oleogels: A novel way of replacing saturated fat in food. *Nutr. Bull.* 43, 189 – 194.
- Mi, H., Yang, Y., Tan, M., Li, J., Li, X. & Chen, J. (2025). Effect of  $\beta$ -sitosterol+ $\gamma$ -oryzanol-based oleogels on protein conformation and gel properties of *Nemiperus virgatus* surimi. *J. Sci. Food Agric.* 105, 1663 – 1671.
- Millao, S., Quilaqueo, M., Contardo, I. & Rubilar, M. (2025). Enhancing the oxidative stability of beeswax – canola oleogels: effects of ascorbic acid and alpha-tocopherol on their physical and chemical properties. *Gels* 11, 43.
- Morales, E., Iturra, N., Contardo, I., Quilaqueo, M., Franco, D. & Rubilar, M. (2023). Fat replacers based on oleogelation of beeswax/shellac wax and healthy vegetable oils. *LWT*, 185, 115144.
- Naderi, M., Ziaifar, A.M., Rashidi, L. & Jafari, S.M. (2024). Rapeseed oleogels based on monoacylglycerols and methylcellulose hybrid oleogelators: Physicochemical and rheological properties. *Food Chem.* 23, 101520.
- Noonim, P., Rajasekaran, B. & Venkatachalam, K. (2022). Structural characterization and peroxidation stability of palm oil-based oleogel made with different concentrations of carnaubawax and processed with ultrasonication. *Gels*, 8, 763.
- Norsuwan, T., Kumrungsee, T., Yanaka, N., Nagao, T. & Thongngam, M. (2025). Effects of RBX oleogel and heat-moisture-treated rice flour in food matrices on digestibility and microbiota. *NPJ Sci. Food* 9, 54.
- Pakseresht, S., Tehrani, M.M., Farhoosh, R. & Koocheki, A. (2023). Rheological and thermal properties of reinforced monoglyceridecarnauba wax oleogels. *J. Sci. Food Agric.* 103, 4184 – 4194.
- Palla, C.A., Carrin, M. & Genovese, D. (2014). Rheological and textural properties of oleogels based on high oleic sunflower oil and a commercial emulsifier mixture. *In Proceedings of the Conference: International Conference on Food Innovation FoodInnova 2014, Penang, Malaysia, 27 – 29 August 2014.*
- Parmar, V., Sharma, R., Sharma, S. & Singh, B. (2022). Recent advances in fabrication of food grade oleogels: Structuring methods, functional properties and technical feasibility in food products. *Food Meas.* 16, 4687 – 4702.

- Patel, A. (2015). Polymer-based oleogels created using indirect methods. In *Alternative routes to oil structuring*. Springer International Publishing.
- Patel, A.R., Rajarethinem, P.S., Gredowska, A., Turhan, O., Lesaffer, A., De Vos, W.H., Van deWalle, D. & Dewettinck, K. (2014). Edible applications of shellac oleogels: Spreads, chocolate paste and cakes. *Food Funct.* 5, 645 – 652.
- Patel, A., Schatteman, D., De Vos, W., Lesaffer, A. & Dewettinck, K. (2013). Preparation and rheological characterization of shellac oleogels and oleogel-based emulsions. *J. Colloid Interface Sci.* 411, 114 – 121.
- Pawar, V.U., Dessai, A.D. & Nayak, U.Y. (2024). Oleogels: versatile novel semi-solid system for pharmaceuticals. *AAPS PharmSciTech* 25, 146.
- Perta-Crisan, S., Ursachi, C.S., Chereji, B.D. & Munteanu, F.D. (2023). Oleogels innovative technological solution for the nutritional improvement of meat products. *Foods*, 12, 131.
- Pinto, T., Martins, A.J., Pastrana, L., Pereira, M.D.C. & Cerqueira, M.A. (2021). Oleogel-based systems for the delivery of bioactive compounds in foods. *Gels* 7, 86.
- Plazzotta, S., Alongi, M., De Bernadinis, L., Melchior, S., Calligaris, S. & Manzocco, L. (2022). Steering protein and lipid digestibility by oleogelation with protein aerogels. *Food Funct.* 13, 10601 – 10609.
- Prusty, A. & Sudha, C. (2023). A review on oleogels and its role in pharmaceutical field. *res. J. Pharm. Technol.* 16, 6095 – 6099.
- Puscas, A., Muresan, V. & Socaciu, C., Muste, S. (2020). Oleogels in food: a review of current and potential applications. *Foods*, 9, 70.
- Qi, W., Zhang, Z. & Wu, T. (2020). Encapsulation of  $\beta$ -carotene in oleogel-in-water Pickering emulsion with improved stability and bioaccessibility. *Int. J. Biol. Macromol.* 164, 1432 – 1442.
- Qiu, H., Zhang, H. & Eun, J.B. (2024). Oleogel classification, physicochemical characterization methods, and typical cases of application in food: A review. *Food Sci. Biotechnol.* 33, 1273 – 1293.
- Qu, K., Qiu, H., Zhang, H. & Yin, X. (2022). Characterization of physically stable oleogels transporting active substances rich in resveratrol. *Food Biosci.* 49, 101830.
- Serdaroğlu, M., Kavuşan, H., & Yuncu Boyacı, O. (2024). Exploring the potential of oleogels in meat products. In *Modern research in engineering sciences* (Chap. 8, p. 157). Livre de Lyon. ISBN 978-2-38236-696-7.
- Shishir, M.R.I., Saifullah, M., Hashim, S.B.H., Aalim, H., Bilal, M., Khan, S., Marappan, G., Tahir, H.E., Zhihua, L. & Zhai, X. (2024). Micro and nano-encapsulated natural products in yogurt: An emerging trend to achieve multifunctional benefits in product and human health. *Food Hydrocoll.* 154, 110124.
- Singhal, S., Bhardwaj, S., Dubey, S., Singh, S. (2023). A comprehensive review on oleogels, formulation consideration and potential applications in bioactive delivery. *Int J Green Pharm.* 17:2.
- Silva, R.C.d., Ferdaus, M.J., Foguel, A. & da Silva, T.L.T. (2023). Oleogels as a fat substitute in food: a current review. *Gels* 9, 180.

- Silva, T.J., Barrera-Arellano, D. & Ribeiro, A.P.B. (2021). Oleogel-based emulsions: Concepts, structuring agents, and applications in food. *J. Food Sci.* 86, 2785–2801.
- Tan, T.H., Chan, E.S., Manja, M., Tang, T.K., Phuah, E.T. & Lee, Y.Y. (2023). Production, health implications and applications of oleogels as fat replacer in food system: A review. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 100, 681 – 697.
- Tanislav, A.E., Puscas, A., Păucean, A., Muresan, V., Semeniuc, C.A., Muresan, V. & Mudura, E. (2022). Evaluation of structural behavior in the process dynamics of oleogel-based tender dough products. *Gels*, 8, 317.
- Temkov, M. & Muresan, V. (2021). Tailoring the structure of lipids, oleogels and fat replacers by different approaches for solving the trans-fat issue—a review. *Foods* 10, 1376.
- Tian, P., Hu, H., Zhang, X., Chen, M. & Wang, X. (2023). Effects of temperature and moisture levels on vitamin A in total mixed ration silage. *Fermentation* 9, 614.
- Wijarnprecha, K., de Vries, A., Santiwattana, P., Sonwai, S. & Rousseau, D. (2019). Microstructure and rheology of oleogel-stabilized water-in-oil emulsions containing crystal-stabilized droplets as active fillers. *LWT*, 115, 108058.
- Wright, A. J., & Marangoni, A. G. (2018). Vegetable oil-based ricinelaidic acid organogels: Phase behavior, microstructure, and rheology. In *Edible oleogels* (2nd ed., pp. 65–83). AOCS Press.
- Xu, H.J., Li, T., Zhang, H.X., Shi, C.H., Cao, J.Q. & Zhang, X.R. (2022). The application of oleogels in food products: Classification, preparation, and characterisation. *Acta Aliment.* 51, 462 – 478.
- Zampouni, K. & Soniadis, A., Dimakopoulou-Papazoglou, D., Moschakis, T., Biliaderis, C.G., Katsanidis, E. (2022). Modified fermented sausages with olive oil oleogel and nacl – kcl substitution for improved nutritional quality. *LWT* 158, 113172.
- Zhang, Y., Xu, J., Tang, C. & Li, Y. (2023). crystallization behavior and physical properties of monoglycerides-based oleogels as function of oleogelator concentration. *Foods*, 12, 345.
- Zhang, R., Zhang, Y., Yu, J., Gao, Y. & Mao, L. (2022). Rheology and tribology of ethylcellulose based oleogels and w/o emulsions as fat substitutes: role of glycerol monostearate. *Foods*, 11, 2364.