



KATI YAĞ ALTERNATİFİ OLARAK ÇÖREKOTU YAĞI OLEOJELİNİN KRAKER YAPIMINDA KULLANIM POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Necla ÖZDEMİR ORHAN^{1*}, Zeynep EROĞLU²

¹Bitlis Eren University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, 13100, Bitlis, Türkiye

²Munzur University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, 62000, Tunceli, Türkiye

Özet: Günümüzde, gıdaların duyu kalite ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için yoğun bir şekilde çalışılmaktadır. Katı yağlar, yapısında yüksek oranda doymuş yağ asitleri içermesi nedeniyle sağlık açısından sorun oluşturabilmektedir ve bu nedenle gıdalarda katı yağ yerine kullanılacak ikame maddeleri geliştirilmektedir. Bu çalışmada, kraker yapımında katı yağ ikame maddesi olarak çörekotu yağı oleojeli (ÇOYO) kullanılmış olup, krakerin fiziksel, duyu ve tekstürel özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Kraker yapımında kullanılan shortening oranı % 0, % 50 ve % 100 olacak şekilde ÇOYO ile değiştirilerek, sırasıyla, Kontrol-kraker, % 50 ÇOYO-kraker ve %100 ÇOYO-kraker formülasyonları hazırlanmıştır. Kontrol-kraker, % 50 ÇOYO-kraker ve %100 ÇOYO-kraker örneklerinin nem değerleri sırası ile % 3.61, % 4.11 ve % 4.66 olarak bulunmuştur. En yüksek su aktivitesi değeri %100 ÇOYO-kraker (0,2315) ait olup bunu % 50 ÇOYO-kraker (0,1920) takip etmiştir. Bileşiminde ÇOYO bulunan krakerlerin L^* değerlerinin azaldığı ve a^* değerlerinin arttığı görülmüştür. En yüksek sertlik değeri (2396,90 g kuvvet) Kontrol-kraker için, en düşük sertlik değeri (1170,45 g kuvvet) %100 ÇOYO-kraker için (P<0,05). Formülasyonunda ÇOYO kullanılan krakerler duyu analizinde lezzet açısından daha çok beğenilmiştir (P<0,05). Genel beğeni açısından %100 ÇOYO-kraker örneği (7,18) en yüksek skoru alırken Kontrol-kraker örneği (6,55) en düşük skoru almıştır. Bu sonuçlar ÇOYO'nun kraker gibi ürünlerde kullanım potansiyelinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Çörek otu yağı, Oleojel, Katı yağ ikame maddesi, Kraker

Evaluation of the Potential Use of Black Cumin Oil Oleogel as a Fat Alternative in Cracker Production

Abstract: Nowadays, intensive studies have been carried out to improve the sensory, quality, and functional properties of foods. Fats raise question marks about health due to their high content of saturated fatty acids and therefore fat substitutes that can be used instead of fats have been developed. In this study, black cumin oil oleogel (BCOO) was used as a fat replacer in cracker production, and the changes in the physical, sensory, and textural properties of the cracker were investigated. The Control-cracker, 50%-cracker and 100%-cracker formulations were prepared by replacing shortening with BCOO at 0%, 50%, and 100% levels, respectively. The moisture content of the Control-cracker, 50% BCOO-cracker, and 100% BCOO-cracker was 3.61%, 4.11%, and 4.66%, respectively. The highest water activity belonged to the 100% BCOO-cracker (0.2315), followed by the 50% BCOO-cracker (0.1920). It was observed that L^* value decreased and a^* value increased in oleogel incorporated crackers (P<0.05). The highest hardness value (2396.90 g) belonged to the Control-cracker, the lowest (1170.45 g) belonged to the 100% BCOO-cracker (P<0.05). As for sensory analysis, the crackers incorporated with oleogels were shown to be the most preferable in terms of taste. The 100% BCOO-cracker had the highest score (7.18) while the Control-cracker had the lowest (6.55) for general acceptability. These results show that BCOO has a high potential for use in bakery products such as cracker.

Keywords: Black cumin oil, Oleogel, Fat replacer, Cracker

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Bitlis Eren University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, 13100, Bitlis, Türkiye

E mail: ozdemirc@gmail.com (N. ÖZDEMİR ORHAN)

Necla ÖZDEMİR ORHAN <https://orcid.org/0000-0003-2581-1275>

Zeynep EROĞLU <https://orcid.org/0000-0002-6817-546X>

Gönderi: 03 Ocak 2024

Kabul: 27 Şubat 2024

Yayınlanma: 15 Mart 2024

Received: January 03, 2024

Accepted: February 27, 2024

Published: March 15, 2024

Cite as: Özdemir Orhan N, Eroğlu Z. 2024. Evaluation of the potential use of black cumin oil oleogel as a fat alternative in cracker production. BSJ Eng Sci, 7(2): 342-350.

1. Giriş

Son yıllarda tüketici davranışları sağlıklı atıştırmalıklardan yana hızla değişmektedir. Sağlığa faydalı bileşenler içeren yeni ürünlerin piyasaya sürülmesi önemli bir pazar eğilimi oluşturmaktadır. Özellikle tuzlu atıştırmalıklar (tuzlu krakerler) tatlı atıştırmalıklardan daha yaygın tüketilmektedir (Millar ve ark., 2017; Giannoutsos et al., 2023). Krakerler, özellikle ara öğünlerde tüketilen popüler bir atıştırmalık ürün

olarak karşımıza çıkmaktadır (Batista ve ark., 2019). Ülkemizde her yaş grubunun tükettiği ve sürekli pazarlanabilen atıştırmalıklardan biri olan kraker, tüketici taleplerine bağlı olarak çok farklı içeriklerle satılmaktadır (İzci ve Şengül, 2015). Ayrıca, fonksiyonel fırıncılık ürünleri içerisinde yeni ürün geliştirmeye fırsat sunan, en önemli ürün grubunu oluşturmaktadır (Toğrul, 2021; Bölükbaş, 2023). Kraker yapımında kullanılan yağ oranı, kraker çeşidine göre değişmekle birlikte genellikle



%10-15 civarındadır. Kraker yapımında istenilen yapısal özellikleri sağlamak amacıyla yüksek oranda doymuş yağ içeren katı yağlar kullanılmaktadır (Zhou ve ark., 2011). Bu durum da sağlıkla ilgili riskleri beraberinde getirmektedir. Doymuş ve trans yağ asidi içeriği yüksek gıdalarla beslenmenin kandaki düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) seviyesini olumsuz etkilediği ve kolesterol seviyesinin artmasına neden olduğu belirtilmiştir (Meng ve ark., 2018). Ayrıca, bu gıdaları fazla tüketen kişilerde kardiyovasküler hastalıklar, tip II diyabet ve obezite görülme sıklığı artmaktadır (Pehlivanoğlu ve ark., 2018). Son yıllarda yapılan çalışmalarda beslenme ile alınan doymuş yağ asidi miktarının azaltılması için; katı yağlar, oleojeller ile ikame edilmektedir. Doymamış yağ asidi içeriği yüksek sıvı yağların bir jelleştirme ajanı yardımı ile yapılandırılması sonucu elde edilen jel benzeri yapıları oleojel adı verilmektedir (Demirkesen ve Mert, 2019). Oleojeller, düşük doymuş yağ asidi içeriğine sahip olmalarının yanında, katı yağın ürün yapısına sağladığı olumlu katkıyı da sunmaktadır. Oleojel üretiminde ayçiçek yağı, zeytinyağı, balık yağı, fındık yağı ve soya fasulyesi yağının yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Pehlivanoğlu ve ark., 2018; Kara, 2019; Swe ve Asavapichayont, 2018). Ayrıca, gıdalara farklı aroma ve fonksiyonel özellik kazandırmak amacıyla biyoaktif özelliklere sahip soğuk pres yağlar da oleojel üretiminde tercih edilmektedir. Flores-García ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada soğuk pres keten tohumu yağı kullanılarak elde edilen oleojeller kurabiye yapımında kullanılmıştır. Formülasyonundaki shorteningin %70'i oleojel ile ikame edilen kurabiyelerin duyusal anlamda panelistler tarafından beğenildiği ve ürünlerdeki doymuş yağ miktarının önemli oranda azaldığı belirtilmiştir. Başka bir çalışmada balmumu ve pirinç kepeği mumu kullanılarak üretilen soğuk pres aspir yağı bazlı oleojellerin, kek endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ticari katı yağların yerine kullanılabileceği belirtilmiştir (Badem ve Baştürk, 2023).

Çörekotu (*Nigella sativa* L.) tohumu ve soğuk pres çörekotu yağı Asya ve Afrika ülkelerinin beslenmesinde yer almaktadır. Bu ürünler sahip oldukları tokoferoller, steroller, fenolik bileşenler ve uçucu yağlar gibi biyoaktif maddeler ve yağ asidi dağılımı nedeniyle son zamanlarda Avrupa'da da tanınmaya ve giderek popüler hale gelmeye başlamıştır (Szydłowska-Czerniak ve ark., 2022). Bu nedenle, Avrupa Komisyonu'na göre çörekotu tohumu ve çörekotu yağı, Yeni Gıda Kataloğunda (Novel Food Catalogue) listelenen yeni gıdalar olarak kabul edilmektedir (Anonymous, 2023; Szydłowska-Czerniak ve ark., 2022). Yapılan çalışmalarda çörekotu tohumu veya yağından elde edilen ekstraktların üst solunum yolu şikayetlerini önemli ölçüde azalttığı, psikolojik ruh halini iyileştirdiği (Talbot ve Talbot, 2022) ve meme kanseri hastalarında akut radyodermatit insidansını azalttığı (Rafati ve ark., 2019) tespit edilmiştir. Çörekotu yağı sahip olduğu biyoaktif bileşenler nedeniyle oleojel üretiminde de kullanılmaktadır. Palamutoğlu (2021)

tarafından yapılan bir çalışmada; çörekotu ve ayçiçek yağları farklı oranlarda karıştırılmış ve oleojelatör olarak karnauba mumu kullanılarak farklı oleojeller elde edilmiştir. Elde edilen oleojeller köfte yapımında hayvansal yağ yerine kullanılmış olup çörekotu yağının köftede antioksidan aktivite sergilediği ve formülasyonundaki hayvansal yağın %25 oranında oleojel ile değiştirildiği köftelerin duyusal analizde panelistler tarafından daha çok beğenildiği ifade edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; katı yağ ikame maddesi olarak çörekotu yağı oleojeli (ÇOYO) kullanılmasının, krakerin kalite özellikleri üzerine olan etkisinin araştırılmasıdır. Literatürde ÇOYO'nun katı yağ ikame maddesi olarak herhangi bir unlu mamulde kullanımına rastlanmamış olup, bu çalışmanın literatüre ve gıda endüstrisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Oleojel yapımında kullanılan soğuk pres çörekotu yağı ve shortening yerel firmalardan temin edilmiştir. Karnaubu mumu (carnauba, KahlWax 6642 Organik karnauba mumu, E903 kodlu gıda katkı maddesi, erime sıcaklığı 82-86 °C) IMCD Türkiye (İstanbul, Türkiye) firması tarafından ücretsiz olarak kullanımımıza sunulmuştur. Çalışmada kullanılan bütün kimyasallar analitik safliktadır ve analizler ise en az 2 tekerrür halinde yürütülmüştür.

2.2. Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi

Çörekotu yağının ve shorteningin yağ asidi metil esterleri IUPAC (1987)'a göre hazırlanmış olup, analiz; FID detektör ve TR-CN100 kapiler kolon (100 m, 0,25 mm iç çap, 0,20 µm film kalınlığı) (Teknokroma, Barselona, İspanya) ile entegre Gaz Kromatografisi (GC) (Shimadzu, Kyoto, Japan) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları sırasıyla 230 ve 240 °C'dir. Fırın 140 °C sıcaklıkta 5 dk bekletilmiş olup, ardından 4 °C/dk sıcaklık artış hızı ile 240 °C'ye kadar ısıtılmış ve bu sıcaklıkta 20 dk bekletilmiştir. Helyum gazı 1 mL/dk lineer akış hızında taşıyıcı gaz olarak kullanılmış ve 1 µL örnek 1:100 split (bölme) oranı kullanılarak sisteme verilmiştir. Tanımlama işlemi için yağ asidi metil esterlerinin standartları kullanılmış ve çörekotu yağının ve shorteningin yağ asidi bileşimi yüzde (%) olarak verilmiştir.

2.3. Oleojel Üretimi

Çörekotu yağı oleojeli üretiminde, önceki çalışmamızda yer alan yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır (Orhan ve Eroğlu, 2022). Çörekotu yağı uygun bir kapta ısıtıcı kullanılarak 90 °C'ye ısıtılmış, üzerine karnauba mumu ilave edilmiş (çörekotu yağı:karnauba mumu, 93:7, w/w) ve karnauba mumunun yağ içerisinde tamamen erimesi için 5 dk boyunca manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Ardından, çörekotu yağı-karnauba mumu karışımı su banyosuna (90 °C) alınarak 1 saat boyunca çalkalanmıştır (200 rpm). Çalkalama işleminin ardından, karışım oda sıcaklığında soğumaya bırakılmış ve böylece

çörekotu yağı oleojeli (ÇOYO) elde edilmiştir. Elde edilen oleojel buzdolabında (4 °C) saklanmış olup analizden 1 saat önce buzdolabından çıkarılmıştır.

2.4. Yağ Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesi

ÇOYO 90 °C sıcaklıktaki su banyosunda eritilerek Eppendorf tüpüne aktarılmış (1 mL) ve ağırlığı kaydedilmiştir. Eppendorf tüpleri, oleojelin tekrar katılaşması için 24 saat boyunca buzdolabına bırakılmıştır. Ardından, tüpler buzdolabından alınarak oda sıcaklığında 1 saat bekletilmiş ve santrifüj edilmiştir (6000 rpm / 15 dk). Santrifüj işleminden sonra oleojelden ayrılan sıvı yağ alınmış ve ağırlığı ölçülmüştür (Choi ve ark., 2020). Oleojelden salınan yağ miktarı ve buna bağlı olarak da oleojelin yağ bağlama kapasitesi aşağıda verilen eşitlik 1 ve 2 yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Salınan yağ (\%)} = \frac{\text{Salınan yağ kütlesi (g)}}{\text{Numunenin toplam kütlesi (g)}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Yağ bağlama kapasitesi (\%)} = 100 - \text{Salınan yağ (\%)} \quad (2)$$

2.5. Kraker Yapımı

Kraker yapımında 100 g un için; 60 mL su, 13 g shortening, 0,5 g sodyum bikarbonat, 2 g amonyum bikarbonat, 1,6 g tuz ve 0,5 g maya kullanılmıştır (Dülger-Altiner, 2015). Bu formülasyon Kontrol-kraker olarak adlandırılmıştır. Toplam shortening miktarının % 50'sinin ve tamamının yerine ÇOYO kullanılarak üretilen krakerler, sırasıyla, % 50 ÇOYO-kraker ve % 100 ÇOYO-kraker olarak adlandırılmıştır. Bu oranlar oleojellerin katı yağ ikame maddesi olarak kullanıldığı daha önce yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak belirlenmiştir (Adili ve ark., 2020; Kim ve ark., 2017). Maya dışındaki kuru malzemelerin tamamı yoğurma makinasının (Cookplus Promix Ef802, Karaca Züccaciye Tic. ve San. A.Ş., Türkiye) karıştırma kabına alınmıştır. Suyun bir kısmı kullanılarak maya aktive edilmiş ve kuru karışıma ilave edilmiştir. Daha sonra kalan su diğer malzemelere ilave edilip, önce düşük devirde (devir 2) 30 s ve ardından orta devirde (devir 4) 5 dk karıştırılmıştır. Elde edilen hamur merdane kullanılarak yaklaşık 2 mm kalınlığında açılmış ve kalıp yardımı ile kare parçalar (5x5 cm) halinde kesilmiştir. Kesilen parçalar yağlı kâğıt serili tepsilere alınmış ve laboratuvar tipi fırın kullanılarak 180 °C'de 20 dk pişirilmiştir. Pişirilen krakerler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmış (1 saat) ve ardından analizler yapılmıştır.

2.6. Nem Analizi

Krakerler homojen olacak bir şekilde ufalanmış ve sabit ağırlığa getirilmiş örnek kaplarına yaklaşık 2 g olacak şekilde tartılmıştır. Ardından, 102 °C'de etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir ve ağırlık farkından yararlanılarak örneklerin nemi hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

2.7. Su Aktivitesi

Kraker örneklerinin su aktivitesi, oda sıcaklığında su aktivitesi ölçüm cihazı (Novasina LabMaster, Novasina AG, Lachen, İsviçre) kullanılarak belirlenmiştir.

2.8. Renk Analizi

Kraker örneklerinin renk analizi Minolta CR-400 model

renk cihazı kullanılarak yapılmıştır (Konica Minolta CR-400, Tokyo, Japan). Ölçümlerden önce Minolta kalibrasyon plakası kullanılarak cihazın kalibrasyonu yapılmış olup sonuçlar L^* , a^* ve b^* değerleri şeklinde verilmiştir. L^* değeri 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değişen değerlerle koyuluğu ve parlaklığı; a^* değeri kırmızı (+a) ve yeşilliği (-a); b^* değeri ise sarılık (+b) ve maviliği (-b) ifade etmektedir.

2.9. Tekstür Analizi

Kraker örneklerinin tekstür analizinde sertlik (hardness) değerleri ölçülmüştür. Bu analiz için üç noktalı bükme probu (HDP/3PB) ve ağır yük platformu ile kombine edilmiş tekstür analiz cihazı kullanılmıştır (TA.XT2i, Stable Micro Systems, Surrey, İngiltere). Analizde kullanılan parametreler; ön test hızı: 1 mm/s, test hızı: 3 mm/s, test sonrası hız: 10 mm/s, uzaklık: 5 mm, tetikleme yükü: 50 g ve veri alma hızı: 500 pps olarak belirlenmiştir. Sertlik değerleri tekstür cihazının yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır (Texture Exponent Software, ver: 6.1.18.0, Stable Micro System, Surrey, İngiltere). Analiz 25 °C'de yapılmıştır.

2.10. Duyusal Analiz

Örneklerin duyusal analizinde 9 puanlı hedonik skala (1 = çok kötü, 9 = çok iyi) kullanılmış olup, analize en az 10 adet eğitimli panelist katılmıştır. Örnekler görünüş, renk, koku, tat, tekstür ve genel kabul edilebilirlik kriterleri açısından değerlendirilmiştir. Krakerler 3 haneli rakamlar ile rastgele numaralandırılmış ve servis esnasında rastgele dizilmiştir. Panelistlerin tadım esnasında tat algısını yenilemeleri ve ağızlarını çalkalamaları için galeta ve su servis edilmiştir.

2.11. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS yazılımı (Windows, sürüm 16; IBM Corp., Armonk, NY, ABD) kullanılmış ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Değişkenler arasındaki anlamlı farkları saptamak için Duncan testi kullanılmıştır ($P < 0,05$).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Yağ Asidi Dağılımı

Shortening ve çörekotu yağının yağ asidi dağılımları Tablo 1'de gösterilmiştir. Shorteningin temel yağ asidi bileşeni palmitik asit (% 41,39) olup bunu oleik asit (% 35,15) takip etmektedir. Çörekotu yağının temel yağ asidi bileşeni ise linoleik asit (% 55,88) olup bunu oleik asit (% 25,39) takip etmektedir. Shorteningin içeriğinde bulunan doymuş (% 49,24) ve doymamış yağ asitlerinin (% 49,23) toplamı neredeyse eşittir. Çörekotu yağının bileşimine bakıldığında ise doymuş yağ asitlerinin toplamı % 17,57 iken doymamış yağ asitlerinin toplamı % 82,08'lik bir orana ulaşmıştır. Ayyıldız ve ark. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada; soğuk pres çörekotu yağının temel bileşenleri linoleik asit (% 54,80), oleik asit (% 24,90) ve palmitik asit (% 12,24) olarak belirtilmiş olup, bu yağ asitlerinin oranlarının bizim çalışmamızda elde edilen sonuçlara oldukça benzer olduğu görülmüştür. Albakry ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuçlar ortaya konulmuştur.

Shortening yağında % 1,16 oranında trans yağ asidi tespit edilmiş olup Türk Gıda Kodeksi gıda etiketleme kurallarına uygun olduğu görülmüştür. Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği'ne göre; sürülebilir yağ/margarinler, yoğun yağlar, bitkisel yağlar ve bu yağları içeren gıdaların %2'den fazla trans yağ içermesi durumunda trans yağ miktarının belirtilmesi gerekir. Soğuk pres çörekotu yağında ise düşük miktarda (% 0,18) da olsa trans yağ asidi tespit edilmiştir. Bitkilerin yaprak ve tohumlarının trans yağ asitlerini içerebildiği ve buna bağlı olarak bitkisel ham yağlarda yaklaşık % 0,1 - % 0,3 oranında trans yağ asidi bulunabileceği literatürde belirtilmiştir

(Schwarz, 2000; Kahraman ve Küplülü, 2011). Ayyıldız ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada, bizim çalışmamızdan farklı olarak çörekotu yağında trans yağ asidi tespit edilmemiştir. Ancak, çalışmada yer alan diğer soğuk pres yağlardan kabak çekirdeği yağı, ceviz yağı ve haşhaş yağının çeşitli oranlarda (% 0,11-% 0,40) trans yağ asidi içerdiği tespit edilmiştir. Fransa'da yapılmış olan bir çalışmada süpermarketlerden çeşitli bitkisel yağlar toplanmış ve yağ asidi bileşenleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında analiz edilen soğuk pres avokado yağının trans yağ asidi içerdiği belirtilmiştir (Vingering ve ark., 2010).

Tablo 1. Shortening ve çörekotu yağının yağ asidi bileşimi (%)

Yağ Asitleri	Shortening	Çörekotu yağı
Miristik asit (C14:0)	1,64±0,02	0,15±0,00
Palmitik asit (C16:0)	41,39±0,44	11,73±0,04
Palmitoleik asit (C16:1)	0,18±0,00	0,16±0,01
Heptadekanoik asit (C17:0)	0,09±0,00	0,06±0,00
Stearik asit (C18:0)	5,69±0,15	3,07±0,00
Elaidik asit (C18:1 trans-9)	0,27±0,00	0,03±0,00
Oleik asit (C18:1)	35,15±0,41	25,39±0,16
Linolelaidik acid (C18:2 trans-9,12)	0,88±0,09	0,15±0,01
Linoleik asit (C18:2)	13,65±0,03	55,88±0,12
Araşidik asit (C20:0)	0,31±0,01	0,19±0,00
Eikosenoik asit (C20:1)	0,25±0,01	0,60±0,07
Heneikosanoik asit (C21:0)	-	2,34±0,00
Lignoserik asit (C24:0)	0,12±0,01	0,02±0,00
Nervonik asit (C24:1)	-	0,05±0,01
Doymuş Yağ Asitleri	49,24±0,29	17,57±0,05
Doymamış Yağ Asitleri	49,23±0,45	82,08±0,10
Trans Yağ Asitleri	1,16±0,09	0,18±0,01

3.2. Yağ Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesi

ÇOYO'nun yağ bağlama kapasitesi % 98,93±0,35 olarak belirlenmiştir. Daha önce yapmış olduğumuz bir çalışmada da benzer bir üretim prosedürü uygulanarak çörekotu yağı-karnauba mumu oleojeli elde edilmiştir. Ancak, daha önce elde edilen oleojelde herhangi bir yağ kaybı gözlenmemiştir (Orhan ve Eroğlu, 2022). Bu durum çörekotu yağının ve karnauba mumunun bileşim farklılığından kaynaklanabilir. Her iki çalışmamızda da soğuk sıkım çörekotu yağı kullanılmış olup, bitkinin türü, yağ eldesinde kullanılan yöntemler, iklim ve coğrafya gibi faktörler yağın bileşimine etki edebilmektedir. Mumun yapısında bulunan minör bileşikler de jelatör-jelatör veya jelatör-çözücü interaksyonlarını etkileyerek yağ fazı ile uyumsuzluğa neden olabilmektedir (Fayaz ve ark., 2020). Noonim ve ark. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada palm yağı ve farklı oranlarda (% 5 ve % 10) karnauba mumu kullanılarak oleojel elde edilmiş olup, yeni üretilen oleojellerden olan yağ kaybının % 5'in altında olduğu ortaya konulmuştur. Öte yandan Li ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada ise yüksek oleik asitli ayçiçek yağı ve karnauba mumu (% 5) kullanılmış olup, elde edilen oleojelin yağ bağlama kapasitesinin yaklaşık % 80 olduğu bulunmuştur. Bu durum yağların sahip olduğu farklı bileşim, polarite ve viskozite gibi

özelliklerin jelatör-yağ etkileşimlerini etkilemesinden ve buna bağlı olarak da farklı oleojel yapılarının ortaya çıkmasından kaynaklanabilmektedir (Fayaz ve ark., 2020).

3.3. Nem Analizi

Kraker örneklerinin nem içeriği değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Kraker formülasyonu içerisindeki oleojel miktarı arttıkça örneklerin nem değerlerinin de arttığı görülmektedir. Bu durum oleojel içeren formülasyonlarda suyun daha iyi tutulmasından kaynaklanmaktadır (Giacomozzi ve ark., 2018). Gıda ürünlerinde oleojel kullanımı ısı direnci ve nem bariyeri sağlayabilmektedir (Demirkesen ve Mert, 2020). Naeli ve ark. (2023) yağ fazı olarak damıtılmış monoaçilgliserol ve oleojelatör olarak etil selüloz ve etil selüloz/hidroksipropil metil selüloz kullanarak oleojel elde etmiştir. Daha sonra bu oleojeller kek yapımında shortening yerine kullanılmış ve oleojel kullanılarak elde edilen keklerin nem değerlerinin kontrol örneğine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Brito ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş ve oleojel içeren kurabiyelerin nem içeriğinin shortening içeren örneklerle göre daha yüksek olduğu ifade edilmiştir.

Tablo 2. Kraker örneklerinin nem içeriği (%) ve su aktivitesi (a_w) değerleri

Örnek	Nem (%)	Su aktivitesi (a_w)
Kontrol-kraker	3,61±0,39 ^c	0,1320±0,0014 ^c
% 50 ÇOYO-kraker	4,11±0,16 ^b	0,1920±0,0071 ^b
% 100 ÇOYO-kraker	4,69±0,07 ^a	0,2315±0,0111 ^a

Aynı sütunda yer alan "a-c" harfleri örnek grupları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($P<0,05$)

3.4. Su Aktivitesi

Kraker örneklerinin su aktivitesi değerleri Tablo 2'de görülmektedir. En düşük a_w değeri Kontrol-kraker örneğine ait iken en yüksek a_w değeri % 100 ÇOYO-kraker örneğine aittir. Kraker formülasyonunda yer alan shorteningin ÇOYO ile değiştirilmesi a_w değerinin artmasına neden olmuştur. Oleojel içeren krakerlerde daha fazla su tutulmasının sonucu olarak örneklerin nem içeriği ve a_w değerleri artmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda unlu mamullerde yağ ikame maddesi olarak karbonhidrat ve protein kökenli ürünlerin kullanılması durumunda ürünlerin su aktivitesinin ve nem içeriğinin arttığı görülmüştür (Lee ve Inglett, 2006; Gallagher ve ark., 2003; Yashini ve ark., 2021). Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre yağ ikame maddesi olarak oleojel kullanımı da nem ve su aktivitesi değerlerinin artmasına neden olmuştur. Nutter ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada soya yağı ve pirinç kepeği mumu ile oleojel elde edilmiş olup, ardından sodyum aljinat ve κ -karreganan ile hazırlanan hidrojel ile karıştırılmış ve böylece bigel formülasyonu elde edilmiştir. Elde edilen bigel kurabiye yapımında kullanılmış ve ürünlerin su aktivitesi değerinde artışa neden olmuştur. Öte yandan, oleojel ilave edildiğinde ürünün su aktivitesinin düştüğünü belirten çalışmalar da mevcuttur (Yılmaz ve Ögütçü, 2015). Bu durumda, yağ ikame maddesi olarak

kullanılan materyalin kimyasal formülasyonu, kullanıldığı ürünün içeriği ve birbirleri ile olan etkileşimlerinin su aktivitesinin hareketini etkilediği söylenebilir.

3.5. Renk Analizi

Kraker örneklerinin renk analizi sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Kontrol-kraker örneği en yüksek L^* değerine sahip iken % 50 ÇOYO-kraker örneği en düşük L^* değerine sahiptir ($P<0,05$). Kraker formülasyonunda oleojel kullanımı; ÇOYO'nun parlaklık değerinin ($L^* = 27,98 \pm 0,76$) shorteninge göre ($L^* = 93,52 \pm 0,26$) daha düşük olması nedeniyle, örneklerin parlaklık değerinin azalmasına neden olmuştur (veri çizelgede gösterilmemiştir). En düşük a^* değerinin Kontrol-krakere ait olduğu ($P<0,05$) ve formülasyonda oleojel kullanıldığında a^* değerinin arttığı görülmektedir. Bu durum çörek otu yağının kırmızılık (+) ($a^* = 3,89 \pm 0,22$) değerinin shorteningin ise yeşillik değerinin (-) ($a^* = -2,33 \pm 0,07$) daha baskın olmasından kaynaklanmaktadır. Kraker yapımında oleojel kullanımının, örneklerin b^* değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Tablo 3). Bu durum shorteningin b^* değeri ($14,66 \pm 0,34$) ile ÇOYO'nun ($13,15 \pm 0,34$) b^* değerinin birbirine yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 3. Kraker örneklerinin renk parametreleri ve tekstürel özellikleri

Örnek	L^*	a^*	b^*	Sertlik (g kuvvet)
Kontrol-kraker	64,04±2,40 ^a	1,31±0,12 ^c	27,89±1,24 ^a	2396,90±203,75 ^a
% 50 ÇOYO-kraker	57,03±1,94 ^c	3,02±0,26 ^a	27,38±1,58 ^a	1609,01±131,14 ^b
% 100 ÇOYO-kraker	61,63±2,63 ^b	2,46±0,22 ^b	26,21±1,15 ^b	1170,45±89,37 ^c

Aynı sütunda yer alan "a-c" harfleri örnek grupları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($P<0,05$).

Tang ve Gosh (2021) tarafından yapılan bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kanola proteini izolatu kullanılarak kanola yağı emülsiyonları elde edilmiş ve bu emülsiyonlardan biri ısıl işleme tabi tutulmuştur. Ardından iki emülsiyon da vakum yardımı ile kurutulmuş ve homojen bir doku elde edilene kadar çırpılarak oleojel haline getirilmiştir. Oleojeller daha sonra kek yapımında kullanılmıştır. Oleojel kullanılarak hazırlanan hamurların L^* değerinin, shortening kullanılarak elde edilen kontrol örneğine göre daha düşük olduğu ifade edilmiştir. Isıl işlem görmüş oleojel içeren kek örneğinin L^* değerinin de protein denatürasyonuna bağlı olarak düştüğü

belirtilmiştir. Oleojel ile hazırlanan keklerin a^* ve b^* değerlerinin de kanola proteini içermeleri nedeniyle kontrol örneğine göre daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Barragán-Martínez (2022) tarafından yapılan başka bir çalışmada da kurabiye yapımında hibrid jel kullanılarak formülasyondaki shortening miktarı azaltılmaya çalışılmıştır. Çalışmada öncelikle kanola yağı ve kandelila mumu kullanılarak oleojel elde edilmiş ve ardından jelatinize nişasta hidrojel ile karıştırılarak hibrit jel elde edilmiştir. Elde edilen hibrit jel farklı oranlarda (% 0, 25, 50, 75 ve 100) shortening ile ikame edilerek kurabiye yapımında kullanılmıştır. Kurabiye

örneklerindeki hibrit jel miktarı arttıkça L^* değerinin arttığı, a^* değerinin azaldığı ve b^* değerinin arttığı görülmüştür. Bu değişimlere hibrit jel içerisinde bulunan nişastanın neden olduğu ifade edilmiştir. Yukarıda bahsedilen çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, oleojeli oluşturan materyallerin renk değerlerine göre son ürünün renk değerlerinin değişmesi beklenen bir durumdur.

3.6. Tekstür Analizi

Kraker örneklerinin sertlik değerleri Tablo 3'de gösterilmiştir. Formülasyonunda oleojel bulunan krakerlerin sertlik değerlerinin kontrol örneğine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Sertlik, kraker yeme kalitesini gösteren önemli parametrelerden biridir. Krakerde sertlik değerinin düşmesi yumuşak tekstüre ve buna bağlı olarak da üstün kaliteyi işaret etmektedir (Zhao ve ark., 2022). Duyusal analiz sonuçlarına bakıldığında ÇOYO kullanılarak hazırlanan krakerlerin yapı (tekstür) değerinin kontrol örneğinden daha yüksek olduğu görülmekte olup, bu durumu doğrulamaktadır. Öte yandan, sertlik değeri ve nem içeriği arasında zıt bir ilişki olduğu daha önce yapılan araştırmalar tarafından ortaya konulmuştur (Lee ve ark., 2022; Alamri ve ark., 2022). Bizim çalışmamızda elde edilen veriler de bu ilişkiyi doğrulamaktadır. Yüksek nem değerine sahip ÇOYO içerikli krakerlerin daha düşük sertlik değerine sahip olduğu görülmektedir.

Zhao ve ark. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada yağ fazı olarak yüksek oleik asitli soya yağı ve oleojelatör olarak da monoasilgliserol ve pirinç kepeği mumu kullanılmış olup elde edilen oleojeller kraker yapımında kullanılmıştır. Oleojel kullanılarak elde edilen krakerlerin sertlik değerlerinin shortening kullanılarak elde edilen krakerlerin sertlik değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Krakerlerin düşük sertlik değerlerinin yüksek doymamış yağ asidi içeriği ile ilişkili olabileceği vurgulanmıştır. Tanislav ve ark. (2022) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise çeşitli oleojelatörler (karnauba mumu, β -sitosterol:balmumu, β -sitosterol:lesitin, gliserol monostearat) kullanılarak

ayçiçek yağı oleojelleri elde edilmiştir. Elde edilen oleojeller bisküvi yapımında kullanılmış olup oleojel kullanılarak üretilen bisküvilerin hepsinin sertlik değerleri, margarin kullanılarak elde edilen kontrol örneğinin sertlik değerinden daha düşük bulunmuştur. Oleojel kullanılarak elde edilen bisküvilerin gevrek hamur ürünleri kategorisi için uygun olduğu belirtilmiştir. Jadhav ve ark. (2022) tarafından da oleojelin, kurabiye gibi unlu mamullerde doymuş yağın yerine uygun bir alternatif olduğu belirtilmiştir.

3.7. Duyusal Analiz

Kraker örneklerinin duyusal analiz sonuçları Tablo 4'de gösterilmiştir. Görünüş açısından en çok beğenilen örnek % 100 ÇOYO-kraker olmuştur. Kraker yapımında ÇOYO kullanılan örneklerin renk açısından daha çok beğenildiği görülmektedir. Renk analizi sonucunda ortaya konulan farklılıkların duyusal analize yansıdığı ancak aralarında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı anlaşılmaktadır ($P>0,05$). Koku açısından örnekler arasında herhangi bir farklılığa rastlanmamıştır ($P>0,05$). Bu durum; kraker yapımında ÇOYO kullanımının, ürün kokusuna olumsuz yansımadığını göstermesi açısından önemlidir. Örnekler lezzet açısından değerlendirildiğinde ise en yüksek puanı, yağ fazı olarak tamamen ÇOYO kullanılan örneğin aldığı görülmektedir ve bunu %50 ÇOYO-kraker örneği takip etmektedir ($P<0,05$). Lezzet açısından en düşük puanı ise Kontrol-kraker örneği almıştır. Yapı açısından da formülasyonunda ÇOYO barındıran örneklerin daha yüksek puanlar aldığı görülmektedir. Genel beğeni değerlendirmesinde ise en yüksek puanı % 100 ÇOYO-kraker örneği almış olup, en düşük puanı Kontrol-kraker örneği almıştır. Ancak, aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P>0,05$). Yapısında ÇOYO bulunduran krakerlerin görünüş dışındaki bütün değerlendirmelerde kontrol örneğinden daha yüksek puanlar aldığı görülmektedir. Elde edilen bu veriler, kraker yapımında yağ fazı olarak kullanılan shorteningin % 50 oranında ÇOYO ile ikame edilmesinin ve en önemlisi de shortening yerine tamamen ÇOYO kullanılmasının panelistler tarafından olumlu karşılandığını ortaya koymaktadır.

Tablo 4. Kraker örneklerinin duyusal değerlendirmesi

Örnek	Görünüş	Renk	Koku	Lezzet	Yapı	Genel Beğeni
Kontrol-kraker	6,41±0,06 ^a	6,69±0,06 ^a	6,91±0,25 ^a	6,05±0,19 ^b	6,55±0,52 ^a	6,55±0,06 ^a
% 50 ÇOYO-kraker	6,32±0,33 ^a	7,37±0,39 ^a	6,96±0,19 ^a	6,50±0,20 ^{ab}	6,87±0,32 ^a	6,82±0,52 ^a
% 100 ÇOYO-kraker	6,82±0,13 ^a	6,96±0,06 ^a	6,91±0,00 ^a	7,09±0,25 ^a	6,82±0,00 ^a	7,18±0,00 ^a

Aynı sütunda yer alan "a-b" harfleri örnek grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($P<0,05$).

Giacomozzi ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Giacomozzi ve ark. (2022) yüksek oleik asitli ayçiçek yağı ve monoglisericit kullanarak oleojel elde etmiş ve bu oleojeli muffin yapımında kullanmıştır. Çalışmada kontrol olarak ticari margarin kullanılarak üretilen muffin kullanılmış ve örnekler duyusal özellikler açısından kıyaslanmıştır. Oleojel kullanılarak elde edilen muffinlerin genel kabul

edilebilirliği kontrol örneğinden daha yüksek bulunmuştur. Giacomozzi ve ark. (2022), geleneksel bir içeriğin değiştirilmesinin ürünün kabul edilebilirliğini etkilemesi nedeniyle bu sonuçların oldukça önemli olduğunu vurgulamıştır. Duyusal özellikler tüketicilerin satın alma eğilimlerini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle üreticiler, gıdaların duyusal özelliklerini geliştirmeyi ve tüketicinin

beğeneceği düzeye çekmeyi amaçlamaktadır (Ekin ve ark., 2021). Başka bir çalışmada ayçiçek yağı ve hidrosimetil selüloz kullanılarak oleojel elde edilmiş ve çeşitli oranlarda shortening ile karıştırılarak (oleojel: shortening; 0:100 50:50, 60:40, 70:30, 100:0) kruvasan yapımında kullanılmıştır. Katı yağ içeriği % 50 oranında oleojel ile ikame edilen örnek, kontrol örneğinden sonra duyuşal olarak en çok beğenilen ürün olmuştur (Espert ve ark., 2023).

4. Sonuç

Kraker yapımında ÇOYO kullanımı, örneklerde pişme esnasında suyun daha iyi tutulmasına neden olduğu için nem ve su aktivitesi değerlerinin artmasına neden olmuştur. Kraker formülasyonunda shortening miktarı azalıp ÇOYO miktarı arttıkça daha yumuşak ve daha üstün yeme kalitesine sahip krakerler üretilmiştir. Bu durum duyuşal analiz testindeki tekstür değerlendirmesine de yansımıştır. Kraker yapımında ÇOYO kullanımı, ürün lezzetinin panelistler tarafından daha çok beğenilmesine ($P<0,05$) ve genel beğeni açısından da ÇOYO ilaveli ürünlerin daha yüksek puan almasına neden olmuştur. Elde edilen veriler ışığında kraker yapımında ÇOYO kullanımının hem tekstürel hem de duyuşal açıdan başarılı sonuçlar verdiği ifade edilebilir. Ayrıca çörekotu yağının yüksek oranda doymamış yağ asidi içermesi nedeniyle ÇOYO içeren krakerlerin shortening içeren krakerlere göre daha sağlıklı olduğu söylenebilir. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda; katı yağ ikame maddesi olarak ÇOYO kullanımının, ürüne fonksiyonel anlamda sağladığı katkı ve biyoyararlılık özellikleri araştırılmalıdır.

Katkı Oranı Beyanı

Yazar(lar)ın katkı yüzdesi aşağıda verilmiştir. Tüm yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	N.Ö.O.	Z.E.
K	50	50
T	50	50
Y	60	40
VTI	50	50
VAY	50	50
KT	60	40
YZ	60	40
KI	70	30
GR	70	30
PY	60	40

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi.

Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay Beyanı

Bu çalışmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Kaynaklar

- 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. *Food Sci Technol*, 126: 109277. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109277>.
- Alamri MS, Mohamed AA, Hussain S, Ibraheem MA, Qasem AAA, Shamlan G, Hakeem MJ, Ababtain IA. 2022. Functionality of cordia and ziziphus gums with respect to the dough properties and baking performance of stored pan bread and sponge cakes. *Foods*, 11(3): 466. <https://doi.org/10.3390/foods11030460>.
- Albakry Z, Karrar E, Ahmed IAM, Oz E, Proestos C, El Sheikha AF, Oz F, Wu G, Wang X. 2022. Nutritional composition and volatile compounds of black cumin (*nigella sativa* L.) seed, fatty acid composition and tocopherols, polyphenols, and antioxidant activity of its essential oil. *Horticulturae*, 8(7): 575. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070575>.
- Anonymous. 2023. EU novel food status catalogue. URL: https://ec.europa.eu/food/safety/novel-food/novel-food-catalogue_en (accessed date: September 4, 2023).
- AOAC. 2000. Official methods of analysis of AOAC Inter (17 ed.). Method 935.36 Solid (total) in bread. AOAC Inter. Gaithersburg, MD, USA, pp: 143.
- Ayyıldız HF, Topkafa M, Sherazi STH, Mahesar SA, Kara H. 2021. Investigation of the chemical characteristics and oxidative stability of some commercial cold-pressed oils. *Konya J Engin Sci*, 9(4): 904-916. <https://doi.org/10.36306/konjes.913439>.
- Badem Ş, Baştürk, A. 2023. Oxidative stability and characterization of oleogels obtained from safflower oil-based beeswax and rice bran wax and their effect on the quality of cake samples. *J American Oil Chemists' Soc*, 2023: 1-15.
- Barragán-Martínez LP, Román-Guerrero A, Vernon-Carter EJ, Alvarez-Ramirez J. 2022. Impact of fat replacement by a hybrid gel (canola oil/candelilla wax oleogel and gelatinized corn starch hydrogel) on dough viscoelasticity, color, texture, structure, and starch digestibility of sugar-snap cookies. *Inter J Gastron Food Sci*, 29: 100563. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100563>.
- Batista AP, Niccolai A, Bursic I, Sousa I, Raymundo A, Rodolfi L, Biondi N, Tredici MR. 2019. Microalgae as functional ingredients in savory food products: application to wheat crackers. *Foods*, 8: 611; doi:10.3390/foods8120611.
- Bölükbaş B. 2023. Ekşi hamur mikroorganizmaları kullanımının krakerin kalite ve biyoaktif özellikleri ile glisemik indeks üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği A.B.D., İstanbul, Türkiye, ss: 55.
- Brito GB, Peixoto VODS, Martins MT, Rosário DKA, Ract JN, Conte-Júnior CA, Torres AG, Castelo-Branco VN. 2022. Development of chitosan-based oleogels via crosslinking with vanillin using an emulsion templated approach: Structural characterization and their application as fat-replacer. *Food Struct*, 32: 100264. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2022.100264>.
- Choi KO, Hwang HS, Jeong S, Kim S, Lee S. 2020. The thermal, rheological, and structural characterization of grapeseed oil oleogels structured with binary blends of oleogelator. *J Food*

- Sci, 85(10): 3432-3441. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15442>.
- Demirkesen I, Mert B. 2019. Utilization of beeswax oleogel-shortening mixtures in gluten-free bakery products. *J American Oil Chem Soc*, 96(5): 545-554. <https://doi.org/10.1002/aocs.12195>.
- Demirkesen I, Mert B. 2020. Recent developments of oleogel utilizations in bakery products. *Critical Rev Food Sci Nutri*, 60(14): 2460-2479. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1649243>.
- Dülger-Altın D. 2015. Sağlıklı bir atıştırma: enerjisi azaltılmış kraker üretimi. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği A.B.D., Bursa, Türkiye, ss: 142.
- Ekin MM, Kutlu N, Meral R, Ceylan Z, Cavidoglu İ. 2021. A novel nanotechnological strategy for obtaining fat-reduced cookies in bakery industry: Revealing of sensory, physical properties, and fatty acid profile of cookies prepared with oil-based nanoemulsions. *Food BioSci*, 42: 101184. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101184>.
- Espert M, Wang Q, Sanz T, Salvador A. 2023. Sunflower Oil-based Oleogel as Fat Replacer in Croissants: Textural and Sensory Characterisation. *Food Bioprocess Technol*, 16(9): 1943-1952. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03029-w>.
- Fayaz G, Polenghi O, Giardina A, Cerne V, Calligaris S. 2020. Structural and rheological properties of medium-chain triacylglyceride oleogels. *Inter J Food Sci Technol*, 56(2): 1040-1047. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14757>.
- Flores-García CL, Medina-Herrera N, Rodríguez-Romero BA, Martínez-Avila GCG, Rojas R, Meza-Carranco Z. 2023. Impact of fat replacement by using organic-candelilla-wax-based oleogels on the physicochemical and sensorial properties of a model cookie. *Gels*, 9(8): 757. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14757>.
- Gallagher E, O'Brien CM, Scannell AGM, Arendt EK. 2003. Use of response surface methodology to produce functional short dough biscuits. *J Food Engin*, 56: 269-271. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00265-0](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00265-0).
- Giacomozzi AS, Carrin ME, Palla CA. 2018. Muffins elaborated with optimized monoglycerides oleogels: from solid fat replacer obtention to product quality evaluation. *J Food Sci*, 83(6): 1505-1515. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14174>.
- Giacomozzi AS, Carrin ME, Palla CA. 2022. Muffins made with monoglyceride oleogels: Impact of fat replacement on sensory properties and fatty acid profile. *JAACS*, 100(4): 343-349. <https://doi.org/10.1002/aocs.12674>.
- Giannoutsos K, Achilleas PZ, Koukoumaki DI, George M, Mourtzinos I, Sarris D, Gkatzionis K. 2023. Production of functional crackers based on non-conventional flours. Study of the physicochemical and sensory properties. *Food Chem Adv*, 2023(2): 100194. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100194>.
- IUPAC. 1987. Standard methods for analysis of oils, fats and derivatives. Blackwell Scientific Publications, IUPAC Method 2.301, Report of IUPAC Working Group WG 2/87, Network, USA, 7th ed., pp: 253.
- İzci L, Şengül B. 2015. Sensory acceptability and fatty acid profile of fish crackers made from carassius gibelio. *Food Sci Technol*, 35(4): 643-646. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6723>.
- Jadhav HB, Pratap AP, Gogate PR, Annapure US. 2022. Ultrasound-assisted synthesis of highly stable MCT based oleogel and evaluation of its baking performance. *Applied Food Res*, 2(2): 156. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100156>.
- Kahraman SD, Küplülü Ö. 2011. Trans yağ asitleri. *Vet Hekim Dern Derg*, 82(2): 15-24.
- Kara S. 2019. Karnaub ve balmumu vaksları ile hazırlanan oleojellerin dsc ve ft-ır spektroskopisi ile karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, ss: 80.
- Kim JY, Lim J, Lee J, Hwang HS, Lee S. 2017. Utilization of oleogels as a replacement for solid fat in aerated baked goods: physicochemical, rheological, and tomographic characterization. *J Food Sci*, 82(2): 445-452. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13583>
- Lee JY, Lim T, Kim J, Hwang KT. 2022. Physicochemical characteristics and sensory acceptability of crackers containing red ginseng marc. *J Food Sci Technol*, 59(1): 212-219. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05002-x>.
- Lee S, Inglett GE. 2006. Rheological and physical evaluation of jet-cooked oat bran in low calorie cookies. *Inter J Food Sci Technol*, 41(5): 553-559. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01105.x>.
- Li J, Guo R, Wang M, Bi Y, Zhang H, Xu X. 2022. Development and Characterization of Compound Oleogels Based on Monoglycerides and Edible Waxes. *ACS Food Sci Technol*, 2(2): 302-314. <https://doi.org/10.1021/acscfoodscitech.1c00390>.
- Meng Z, Guo Y, Wang Y, Liu Y. 2018. Oleogels from sodium stearyl lactylate-based lamellar crystals: structural characterization and bread application. *Food Chem*, 292: 134-142. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.042>.
- Millar KA, Barry-Ryan C, Burke R, Hussey K, McCarthy S, Gallagher E. 2017. Effect of pulse flours on the physicochemical characteristics and sensory acceptance of baked crackers. *Inter J Food Sci Technol*, 52: 1155-1163. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13388>.
- Naeli MH, Milani JM, Farmani J, Zargaraan A. 2023. Ethyl cellulose/hydroxypropyl methyl cellulose-based oleogel shortening: Effect on batter rheology and physical properties of sponge cake. *J American Oil Chem Soc*, 100(9): 743-755. <https://doi.org/10.1002/aocs.12695>.
- Noonim P, Rajasekaran B, Venkatachalam K. 2022. Structural characterization and peroxidation stability of palm oil-based oleogel made with different concentrations of carnauba wax and processed with ultrasonication. *Gels*, 8(12): 763. <https://doi.org/10.3390/gels8120763>.
- Nutter J, Shi X, Lamsal B, Acevedo NC. 2023. Plant-based bigels as a novel alternative to commercial solid fats in short dough products: Textural and structural properties of short dough and shortbread. *Food BioSci*, 54: 102865. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102865>.
- Orhan NO, Eroglu Z. 2022. Structural characterization and oxidative stability of black cumin oil oleogels prepared with natural waxes. *J Food Process Preserv*, 46(12): 17211. <https://doi.org/10.1111/jfpp.17211>.
- Palamutoğlu R. 2021. Replacement of beef fat in meatball with oleogels (black cumin seed oil/sunflower oil). *J Hellenic Vet Med Soc*, 72(3): 3031-3040. <https://doi.org/10.12681/jhvms.28484>.
- Pehlivanoglu H, Ozulku G, Yildirim RM, Demirci M, Tokar OS, Sagdic O. 2018. Investigating the usage of unsaturated fatty acid-rich and low-calorie oleogels as a shortening mimetics in cake. *J Food Process Preserv*, 42(6): e13621. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13621>.
- Rafati M, Ghasemi A, Saedi M, Habibi E, Salehifar E, Mosazadeh M, Maham M. 2019. Nigella sativa L. for prevention of acute radiation dermatitis in breast cancer: A randomized, double-blind, placebo-controlled, clinical trial. *Complement Ther Med*, 47: 102205. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2019.102205>.

- Schwarz W. 2000. Formation of trans polyalkenoic fatty acids during vegetable oil refining. *European J Lipid Sci Technol*, 102: 648-649. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200010\)102:10<648:AID-EJLT648>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200010)102:10<648:AID-EJLT648>3.0.CO;2-V).
- Swe MTH, Asavapichayont P. 2018. Effect of silicone oil on the microstructure, gelation and rheological properties of sorbitan monostearate-sesame oil oleogels, *Asian J Pharmaceut Sci*, 13: 485-497, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ajps.2018.04.006>.
- Szydłowska-Czerniak A, Momot M, Stawicka B, Rabiej-Kozioł D, 2022. Effects of the chemical composition on the antioxidant and sensory characteristics and oxidative stability of cold-pressed black cumin oils, *Antioxidants*, 11: 1556. <https://doi.org/10.3390/antiox11081556>.
- Talbott SM, Talbott JA. 2022. Effect of thymoquin black cumin seed oil as a natural immune modulator of upper-respiratory tract complaints and psychological mood state. *Food Sci Nutri Res*, 5(1): 1-6.
- Tang YR, Ghosh S. 2021. Canola protein thermal denaturation improved emulsion-templated oleogelation and its cake-baking application. *Royal Soc Chem, RSC Adv*, 11(41): 25141-25157. <https://doi.org/10.1039/d1ra02250d>.
- Tanislav AE, Puscas A, Paucean A, Muresan AE, Semeniuc CA, Muresan V, Mudura E. 2022. Evaluation of structural behavior in the process dynamics of oleogel-based tender dough products. *Gels*, 8(5): 317. <https://doi.org/10.3390/gels8050317>.
- Toğrul İ. 2021. Gölevez (*Colocasia Esculenta* (L.) Schott) unu ilavesinin glutensiz krakerlerin besleyici ve duyuşal özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Turizm İşletmeciliği A.B.D., Gastronomi ve Mutfak Sanatları A.B.D., Kocaeli, Türkiye, ss: 118.
- Vingering N, Oseredczuk M, du Chaffaut L, Ireland J, Ledoux M. 2010. Fatty acid composition of commercial vegetable oils from the French market analysed using a long highly polar column. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 17(3): 185-192. <https://doi.org/10.1051/ocl.2010.0309>.
- Yashini M, Sahana S, Hemanth SD, Sunil CK. 2021. Partially defatted tomato seed flour as a fat replacer: effect on physicochemical and sensory characteristics of millet-based cookies. *J Food Sci Technol*, 58(12): 4530-4541. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04936-y>.
- Yılmaz E, Oğutcu M. 2015. The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food Funct*, 6(4): 1194-1204. <https://doi.org/10.1039/c5fo00019j>.
- Zhao M, Rao J, Chen B. 2022. Effect of high oleic soybean oil oleogels on the properties of doughs and corresponding bakery products. *J American Oil Chem Soc*, 99(11): 1071-1083. <https://doi.org/10.1002/aocs.12594>.
- Zhou J, Faubion JM, Walker CE. 2011. Evaluation of different types of fats for use in high-ratio layer cakes. *LWT-Food Sci Technol*, 44(8): 1802-1808. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.03.013>.