

## Zeytinyağı oleojelinin şortening ikame maddesi olarak kullanılmasının kekin kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi

Zeynep EROĞLU<sup>1</sup>, Necla ÖZDEMİR ORHAN<sup>2</sup>

### Cite this article as:

Eroğlu, Z., Özdemir Orhan, N. (2024). Zeytinyağı oleojelinin şortening ikame maddesi olarak kullanılmasının kekin kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Food and Health*, 10(1), 40-51. <https://doi.org/10.3153/FH24004>

<sup>1</sup> Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 62000 Tunceli, Türkiye

<sup>2</sup> Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 13100 Bitlis, Türkiye

### ORCID IDs of the authors:

Z.E. 0000-0002-6817-546X

N.Ö.O. 0000-0003-2581-1275

Submitted: 19.07.2023

Revision requested: 25.09.2023

Last revision received: 12.10.2023

Accepted: 17.10.2023

Published online: 10.12.2023

### Correspondence:

Zeynep EROĞLU

E-mail: [zeroglu@munzur.edu.tr](mailto:zeroglu@munzur.edu.tr)



© 2023 The Author(s)

Available online at

<http://jfh.sciencificwebjournals.com>

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı, zeytinyağı oleojelinin kek üretiminde katı yağ (şortening) ikamesi olarak kullanım potansiyelini araştırmaktır. Bu amaçla, kek formülasyonundaki şortening miktarı % 25 (% 25 Oleojel-kek) ve % 50 (% 50 Oleojel-kek) oranlarında oleojel ile ikame edilmiştir. Kontrol örneğinde (Kontrol-kek) ise yağ olarak sadece şortening kullanılmıştır. Kontrol-kek, % 25 Oleojel-kek ve % 50 Oleojel-kek hamurlarının özgül ağırlıkları, sırasıyla,  $0.90 \pm 0.00$ ,  $0.98 \pm 0.00$  ve  $1.06 \pm 0.01$ 'dir. Kek hamurlarının tamamı kaymayla azalan akış özelliği ( $n < 1$ , psödoplastik) sergilemiş ve Herschel-Bulkley modeline uygunluk göstermiştir ( $R^2$ , 0.9975-0.9950). Oleojel içeren kek hamurlarının görünür viskozite değerleri Kontrol-kek örneğine göre daha düşüktür ( $p < 0.05$ ). Kek hamurlarının  $G'$  değerleri,  $G''$  değerlerinden daha yüksektir ve bu durum örneklerin katı benzeri yapı sergilediğine işaret etmektedir. En yüksek sertlik değeri Kontrol-kek örneğine ( $403.92 \pm 14.84$  g) ait iken en düşük sertlik değeri % 50 Oleojel-kek örneğine ( $303.11 \pm 12.10$  g) aittir ( $p < 0.05$ ). Formülasyona ilave edilen oleojel miktarı arttıkça keklerin elastikiyeti artmıştır ( $p < 0.05$ ). Duyusal analiz parametreleri açısından örnekler arasındaki farklılıklar, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Elde edilen sonuçlar, kek yapımında şortening yerine oleojel kullanımının umut vadeden bir geleceğinin olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Zeytinyağı, Oleojel, Şortening, Kek, Yağ ikamesi

### ABSTRACT

#### Determination of the effect of olive oil oleogel as a shortening replacer on quality properties of cake

This study investigates the potential of using olive oil oleogel as a solid fat substitute in cake production. For this purpose, the shortening content in the cake formula was replaced with 25% (25% Oleogel-cake) and 50% (50% Oleogel-cake) of the oleogel. Only shortening was used as oil in the control sample (Control cake). The specific gravity values of the Control-cake, 25% Oleogel-cake, and 50% Oleogel-cake batters were  $0.90 \pm 0.00$ ,  $0.98 \pm 0.00$ , and  $1.06 \pm 0.01$ , respectively. All cake batters displayed shear thinning behaviour ( $n < 1$ , pseudoplastic) and conformed to the Herschel-Bulkley model ( $R^2$ , 0.9975-0.9950). The apparent viscosity values of the cake batters containing oleogel were lower than those of the control cake.  $G'$  values were higher than  $G''$  values in all cake batters, indicating that all samples had solid-like structures. The highest hardness value belonged to the Control-cake ( $403.92 \pm 14.84$  g), while the lowest belonged to the 50% Oleogel-cake ( $303.11 \pm 12.10$  g). As the amount of oleogel added to the cake formulation increased, the elasticity of the cakes increased. Differences between the samples regarding the sensory analysis parameters were statistically insignificant ( $p > 0.05$ ). The results show that using oleogel as a substitute for shortening in cake preparation has a promising future.

**Keywords:** Olive oil, Oleogel, Shortening, Cake, Fat replacement

## Giriş

Son yıllarda sağlık bilincinin artmasına paralel olarak gıda endüstrisi, sağlıklı ürün yelpazesini genişletmektedir. Beslenmeye daha az zaman ayırmak zorunda kalan ve atıştırılmalık seven bireylerin tercih ettiği kek, kraker, bisküvi ve gofret gibi ürünlerde de günden güne sağlıklı ürün arayışı artmaktadır (Doğan ve ark., 2012). Lezzeti, çeşitliliği, besleyicilik değeri ve tüketim kolaylığı ile yumuşak buğday ürünü olan kek, unlu mamüller endüstrisinin en önemli ürünüdür (Baltacıoğlu ve Uyar, 2017). Kek üretiminde un ve şekerden sonra temel bileşen olarak yağ kullanılmaktadır. Kekin çeşidine göre kullanılan yağ miktarı % 10-30 arasında değişmektedir ve istenilen yapısal özellikleri sağlamak için yüksek oranda doymuş yağ içeren katı yağlar kullanılmaktadır (Zhou ve ark., 2011). Endüstriyel kek üretiminde daha çok palm, pamuk, aspir, ayçiçeği ve kanola yağlarından hidrojenasyon, interesterefikasyon ve fraksiyone kristalizasyon gibi yöntemlerle elde edilen şortening tercih edilmektedir (Kaçar, 2010).

Doymuş ve trans yağ asitleri bakımından zengin olan beslenme biçimi; kardiyovasküler hastalıklar, tip-II diyabet, birçok metabolizma bozukluğu ve obezitenin önde gelen sebeplerinden biri olarak görülmektedir (Roche, 2005). Dünya Sağlık örgütü (WHO), 2018'de yayınladığı REPLACE politikası ile 2023 yılına kadar endüstriyel trans yağların gıda endüstrisinde kullanımının kaldırılmasını hedeflemiştir (Silva ve ark., 2023). Stender (2020) tarafından yapılan bir çalışmada; İran, Türkiye, Yunanistan, Ermenistan, Kırgızistan, Gürcistan, Sırbistan, Hırvatistan ve Slovenya'nın başkentlerinde bulunan büyük marketlerden kek, bisküvi ve gofret örnekleri toplanmış ve bu örneklerin trans yağ içerikleri belirlenmiştir. Ülkemizden 32 adet örnek toplanmış olup bunların 6 tanesinde toplam yağın % 2 ile % 5'i arasında trans yağ asidi tespit edilmiştir.

Yağları yapılandırmak için yukarıda bahsedilen yöntemler yerine daha yenilikçi ve sağlıklı yöntemler araştırılmaktadır. Bunlardan birisi olan oleojelasyon tekniğinde; bir oleojelatör (jel ajanı) yardımı ile sıvı bitkisel yağ, üç boyutlu jel ağında tutulur ve oleojel adı verilen yarı katı bir madde oluşturmak üzere jelleşir (Yu ve ark., 2022). Oleojelatör olarak bitkisel mumlar, yağ asitleri, yağ asidi esterleri, fitosteroller, lesitin ve selüloz türevleri gibi maddeler kullanılmaktadır. (Demirkesen, 2017; Badem ve Baştürk, 2023). Oleojelasyon tekniği zeytinyağı gibi değerli yağların yapılandırılmasında da kullanılmaktadır. Zeytinyağının % 80'ini trigliseritler oluşturmakta ve zeytinyağı esansiyel yağ asitlerinin tamamını bünyesinde bulundurmaktadır. Yağda çözünen vitaminlerin kaynağı olarak görülen zeytinyağı, doymamış yağ oranı yüksek bir meyve yağı olarak kardiyovasküler hastalıklara

karşı koruyucu etkiye sahiptir. Ayrıca içeriğinde bulunan fenolik bileşenler, squalen ve oleuropein gibi maddelerle anti-kanserojen, antibakteriyel ve anti-inflamatuar etkilere de sahiptir (Armutçu ve ark., 2013). Alongi ve ark. (2022) farklı oleojelatörler kullanarak, zeytinyağının oleojel kapasitesi ve biyokimyasal özelliklerini incelemiştir. Çalışmada; zeytinyağı oleojelinin, zeytinyağının farklı alanlarda fonksiyonel olarak kullanımını yaygınlaştırabileceği vurgulanmıştır ve zeytinyağında bulunan biyoaktif bileşenlerin, oleojel formunda korunduğu belirtilmiştir.

Oleojellerin doymuş yağ yapılarına benzer özellikler göstermeleri nedeniyle margarin, sürülebilir ürünler, et ürünleri, şekerleme ve unlu mamullerde kullanımını ile ilgili yapılan çalışmalar günden güne artmaktadır (Ferro ve ark., 2021; Roy ve ark., 2022). Oleojellerin toplumun birçok kesimi tarafından sevilerek tüketilen bir ürün olan kekin üretiminde de kullanımını söz konusudur. Malvano (2022) tarafından yapılan bir çalışmada; zeytinyağı oleojeli, peyniraltı suyu proteinleri ve emülgatörlerle karıştırılarak kek yapımında tereyağı yerine kullanılmıştır. Elde edilen karışım oranında tereyağı yerine kullanılmış ve karışımdaki oleojel oranı arttıkça, kek örneklerinin sertlik değerlerinde düşüş görülmüştür. Ayrıca, bu ürünlerin depolamada küflere karşı daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir. Farklı bir çalışmada; kandelila vaksı kullanılarak hazırlanan kanola yağı oleojeli, pandispanya keklerinin üretiminde tereyağına ikame olarak kullanılmıştır. Kek formülasyonlarında kullanılan oleojel miktarı arttıkça, kekin tekstürel özelliklerinin iyileştiği ve nişastanın sindirilebilirliğinin arttığı belirtilmiştir (Alvarez-Ramirez ve ark., 2020).

Bu çalışmada gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir oleojelatör olan balmumu yardımı ile zeytinyağı oleojeli üretilmiştir. Daha sonra, elde edilen oleojel belirli oranlarda şortening ile ikame edilerek (% 25 ve % 50) kek yapımında kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, zeytinyağı oleojelinin şortening ikame maddesi olarak kullanılmasının kek hamuru reolojisi ve kekin fiziksel ve tekstürel özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesidir.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Balmumu (KahlWax 8108 White Food Beeswax, *Apis mellifera*'nın peteklerinden elde edilmiştir, E901 kodlu gıda katkı maddesidir.) IMCD Türkiye (İstanbul, Türkiye) firması tarafından ücretsiz olarak temin edilmiştir. Şortening yerel bir

pastaneden satın alınmıştır. Çalışmada kullanılan bütün kimyasallar analitik saflıktadır. Analizler en az 2 tekerrür halinde yürütülmüştür.

### **Oleojel Üretimi**

Oleojel üretiminde daha önce yapmış olduğumuz çalışma baz alınmış olup, yöntemde küçük değişiklikler yapılmıştır (Orhan-Ozdemir ve Eroglu, 2022). Zeytinyağı uygun bir behere alınmış ve ısıtıcı yardımı ile 70°C'a ısıtılmıştır. Daha sonra üzerine balmumu ilave edilmiş (zeytinyağı: % 90, balmumu: % 10, m/m) ve manyetik karıştırıcı yardımıyla 5 dk. karıştırılmıştır. Ardından, zeytinyağı-balmumu karışımı sıcaklığı 70°C'a sabitlenmiş olan su banyosunda 1 saat boyunca çalkalanmıştır (200 rpm). Su banyosundan alınan karışım oda sıcaklığında soğutularak zeytinyağı-balmumu oleojeli elde edilmiştir. Elde edilen oleojel buzdolabında (4°C) saklanmış olup analizden 1 saat önce buzdolabından çıkarılmıştır.

### **Yağ Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesi**

Zeytinyağı-balmumu oleojeli 70°C sıcaklıktaki su banyosunda eritilmiştir. Eritilen oleojelden 1 mL alınarak ağırlığı önceden kaydedilmiş olan Eppendorf tüplerine aktarılmıştır. Daha sonra Eppendorf tüpleri buzdolabında soğumaya bırakılmıştır (24 saat). Ardından, içerisinde oleojel bulunan tüplerin ağırlığı tartılmış ve oda sıcaklığında santrifüj edilmiştir (6000 rpm / 15 dk). Santrifüj işleminden sonra oleojel yapısından ayrılan sıvı yağ alınmış ve tüpün ağırlığı tekrar tartılmıştır (Choi ve ark., 2020). Oleojelden salınan yağ miktarı ve buna bağlı olarak da oleojelin yağ bağlama kapasitesi aşağıda verilmiş olan eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

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

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

### **Kek Yapımı**

Kek yapımında 100 g un için; 120 mL su, 80 g şeker, 50 g şortening, 12 g yağsız süt tozu, 8 g yumurta akı tozu, 3 g kabartma tozu, 1 g vanilin ve 1.5 g tuz kullanılmıştır (AACCI, 2010). Formülasyonun bu haliyle kontrol örneği (Kontrol-kek) hazırlanmış olup, şortening miktarının % 25 ve % 50'sinin yerine zeytinyağı oleojeli kullanılarak, sırasıyla, % 25 Oleojel-kek ve % 50 Oleojel-kek formülasyonları hazırlanmıştır. Bu oranlar daha önce yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak belirlenmiştir (Khiabani ve ark., 2020; Adili ve ark., 2020; Kim ve ark., 2017). Su dışındaki bütün malzemeler karıştırma kabına alınmış (Cookplus Promix Ef802, Karaca Züccaciye Tic. ve San. A.Ş., Türkiye) ve üzerine formülasyonda belirtilen suyun % 60'ı ilave edilmiştir. Karışım,

önce düşük devirde (devir 3) 30 s ve ardından hızlı devirde (devir 6) 4 dk. karıştırılmıştır. Ardından kalan suyun yarısı ilave edilmiş ve aynı karıştırma işlemi tekrarlanmıştır. Son olarak, kalan su ilave edilip malzemeler tekrar aynı şekilde karıştırılarak kek hamuru elde edilmiştir. Kek hamuru ortalama 4 cm çapa sahip metal kek kalıplarına doldurulup 200°C'da 25 dk. pişirilmiştir. Pişirilen kekler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmış (1 saat) ve ardından analizler yapılmıştır.

### **Hamurun Özgül Ağırlığı**

Sabit ağırlığa getirilerek darası alınan bir kap içerisine saf su ilave edilerek kabın hacmi belirlenmiştir. Ardından aynı kaba kek hamuru ilave edilmiş ve ağırlığı kaydedilmiştir. Aşağıdaki formül kullanılarak kek hamurunun özgül ağırlığı hesaplanmıştır (AACCI, 2010).

$$\text{Özgül ağırlık} = \frac{\text{Bilinen hamur hacminin ağırlığı (g)}}{\text{Eşit hacimdeki suyun ağırlığı (g)}}$$

### **Hamurun Reolojik Analizi**

Kek hamurlarının reolojik ölçümlerinde sıcaklık kontrol ünitesi ile kombine edilmiş Anton Paar MCR 102 reometre (Anton Paar GmbH, Graz, Avusturya) kullanılmıştır. Tüm ölçümler 25°C'da yapılmıştır. Analiz için paralel plaka konfigürasyonu kullanılmış olup, plakalar arasındaki boşluk 1 mm olarak ayarlanmıştır.

### **Sabit Kayma Akış Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi**

Kek hamurlarının viskozitesi 1-100 s<sup>-1</sup> kayma hızı aralığında elde edilmiş ve ölçümler 25°C'da gerçekleştirilmiştir. Analiz esnasında 10 s aralıklar ile toplam 30 veri alınmıştır. Elde edilen veriler Herschel-Bulkley modeline uygunluk göstermiştir.

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n$$

Burada  $\tau$ : kayma gerilimi (Pa),  $\tau_0$ : akma gerilimi (Pa), K: kıvam indeksi (Pa.s),  $\dot{\gamma}$ : kayma hızı (s<sup>-1</sup>) ve n: akış davranış indeksidir.

### **Dinamik Kayma Akış Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi**

Kek hamurlarının bulunduğu lineer viskoelastik bölge (LVB), sabit bir frekansta (1 Hz) stres tarama testi (stress sweep, 0.01-10 Pa) yapılarak belirlenmiştir. LVB; modül değerlerinin sabitlendiği bölgedir ve bu bölgede belirlenen kritik stres değeri frekans kayma analizinde kullanılır. Kek hamurlarının kritik stres değerleri; Kontrol-kek, % 25 Oleojel-kek ve % 50 Oleojel-kek hamurları için, sırasıyla, 1.75, 0.6 ve 0.3 Pa olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, dinamik

kayma davranış özelliklerinin belirlenmesi için kullanılacak değerler; sırasıyla, 1, 0.5 ve 0.2 Pa olarak seçilmiştir. Daha sonra örneklerin viskoelastik özelliklerinin belirlenmesi için frekans taramasına geçilmiştir ve bu işlem 0.1–10 Hz aralığında 25°C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Frekans taramasından önce örnekler 5 dk. bekletilerek sıcaklıklarının dengelenmesi ve örneklerin rahatlaması sağlanmıştır. Anton Paar's RheoCompass™ yazılımı kullanılarak örneklerin elastik modülü ( $G'$ ) ve viskoz modülü ( $G''$ ) değerleri elde edilmiştir.

### **Pişme Kaybı Analizi**

Kek yapımında kullanılan kalıpların darası alınmış ve kalıba ilave edilen hamurun ağırlığı kaydedilmiştir. Ardından pişirme işlemi uygulanmış ve kekler soğumaya bırakılmıştır. Soğuma işleminin ardından pişen keklerin ağırlığı kaydedilmiş ve aşağıda verilen formül kullanılarak pişme kaybı hesaplanmıştır (Yang ve ark., 2021).

$$\text{Pişme Kaybı (\%)} = \frac{\text{Hamur ağırlığı (g)} - \text{Kek ağırlığı (g)}}{\text{Hamur ağırlığı (g)}} \times 100$$

### **Nem Analizi**

Keklerin nem içeriğinin belirlenmesi için 2 g ufalanmış örnek tartılmış ve 102°C'da etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Ağırlık farkından yararlanılarak örneklerin sahip olduğu nem hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

### **Renk Analizi**

Kek örneklerinin renk değerleri Minolta CR-400 model renk cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Konica Minolta CR-400, Tokyo, Japan). Cihaz ölçümlerden önce Minolta kalibrasyon plakası kullanılarak kalibre edilmiş olup, sonuçlar  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri şeklinde verilmiştir.  $L^*$  değeri 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değişen değerlerle parlaklığı;  $a^*$  değeri kırmızı (+a) ve yeşilliği (-a);  $b^*$  değeri ise sarılık (+b) ve maviliği (-b) ifade etmektedir.

### **Tekstür Analizi**

Kek örneklerinin tekstürel özelliklerinin belirlenmesinde silindirik prob (çap: 36 mm) ile kombine edilmiş tekstür analiz cihazı kullanılmıştır (TA.XT2i, Stable Micro Systems, Surrey, İngiltere). Test parametreleri; ön test hızı: 1 mm/s, test hızı: 1 mm/s, test sonrası hız: 10 mm/s, sıkıştırma derinliği % 25 (strain), tetikleme tipi: otomatik 0.049 N ve temas süresi (hold time): 60 s olarak seçilmiştir. Analizde sıkıştırma metodu kullanılmış olup, sertlik (hardness) ve elastikiyet (springiness) değerleri tekstür cihazının yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır (Texture Exponent Software, ver: 6.1.18.0, Stable Micro System, Surrey, İngiltere). Analiz 25°C'da yapılmıştır.

### **Duyusal Analiz**

Kek örneklerinin duyu analizinde en az 10 adet eğitimli panelist yer almıştır. Kekler görünüş, renk, koku, tat, tekstür ve genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirilmiş olup, değerlendirmede 9 puanlı hedonik skala kullanılmıştır (1 = çok kötü, 9 = çok iyi). Örnekler 3 haneli rakamlar ile rastgele numaralandırılmış ve servis esnasında rastgele dizilmiştir. Panelistlerin örnekleri tattıktan sonra tat algısını yenilemeleri ve ağızlarını çalkalamaları için galeta ve su servis edilmiştir.

### **İstatistiksel Değerlendirme**

Verilerin istatistiksel analizinde SPSS yazılımı (Windows, sürüm 16; IBM Corp., Armonk, NY, ABD) kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki anlamlı farkları saptamak için Duncan testi kullanılmıştır ( $p < 0.05$ ).

### **Bulgular ve Tartışma**

#### **Yağ Bağlama Kapasitesi**

Bu analiz sonucunda zeytinyağı oleojelinde herhangi bir yağ salınımı gözlenmemiş ve buna bağlı olarak yağ bağlama kapasitesi % 100 olarak bulunmuştur. Ghazani ve ark. (2022) çeşitli mumlar ve bunların farklı kombinasyonlarını kullanarak zeytinyağı oleojelleri elde etmiştir. % 3 oranında balmumu ilave edilerek hazırlanan oleojelde meydana gelen yağ kaybının oldukça yüksek olduğu rapor edilmiştir (% 28). Çalışmada mum oleojellerinin yağ bağlama kapasitesinin, mumların kimyasal bileşimi ve bünyesinde bulunan minör bileşenler (safsızlıklar) ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Tarafımızca yapılan çalışmada elde edilen zeytinyağı oleojelinin daha yüksek yağ bağlama kapasitesine sahip olması, kullanılan mumların kimyasal bileşimlerinin farklı olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca kullanılan mum miktarının farklı olması da yağ bağlama kapasitesini etkileyen önemli bir etkidir. Daha önce tarafımızca yapılmış olan bir çalışmada; çörekotu yağı-balmumu (90:10, m/m) oleojelinin % 3.88 oranında yağ saldığı görülmüştür (Orhan-Ozdemir ve Eroglu, 2022). Bu durum olejel yapımında kullanılan yağların da farklı özelliklerde ve kimyasal bileşimde olması nedeniyle jel yapısını etkilediğini göstermektedir.

### Hamurun Özgül Ağırlığı

Özgül ağırlık, hamurun hava tutma kapasitesini belirlemede kullanılmaktadır (Khalil, 1998; Willett ve Akoh, 2019). Kek hamurlarının özgül ağırlıkları Tablo 1’de gösterilmiştir. En düşük özgül ağırlık değeri kontrol örneğine ait iken en yüksek değer % 50 Oleojel-kek örneğine aittir ( $p < 0.05$ ). Şortening yerine kullanılan oleojel miktarı arttığında, kek hamurunun özgül ağırlığının arttığı görülmektedir. Hava kabarcıkları hamur sisteminin yağ fazında hapsolmaktadır (Jeong ve ark., 2021) ve şortening gibi katı kristallere sahip olan yağlar hava kabarcıklarını adsorbe edebilmekte ve onları stabil hale getirebilmektedir (Willett ve Akoh, 2019). Çalışmamızda kullanılan oleojeller hamurun hava hücrelerini tutma yeteneğini olumsuz etkilemiştir. Bu durum da hamur hacminin azalmasına ve özgül ağırlığın artmasına neden olmuştur. Ayrıca, oleojel içeren kek hamurlarının yüksek özgül ağırlığa sahip olması, bu hamurların düşük viskozitesi ile de ilgili olabilir. Düşük hamur viskozitesi, hava kabarcıklarının hamur yüzeyine göç etmesini önleyemeyebilir ve böylece hava kabarcıklarının hamur içerisinde tutulması güçleşir (Kim ve ark., 2017).

Jeong ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada elde edilen bulgular çalışmamızda elde edilen sonuçları desteklemektedir. Bahsi geçen çalışmada yağ fazı olarak ayçiçek yağı kullanılmış olup oleojelatör olarak da farklı kombinasyonlarda kandelila mumu ve gliserol monostearat kullanılmıştır. Daha sonra elde edilen oleojellerin şortening ikamesi olarak muffin yapımında kullanımı araştırılmıştır. Şortening kullanılan hamurun özgül ağırlığı, oleojellerin kullanıldığı hamurların özgül ağırlığından daha düşük bulunmuştur.

### Hamurun Reolojik Yapısı

#### Sabit Kayma Akış Davranış Özellikleri

Kek hamurlarının sabit kayma hızında göstermiş olduğu akış davranış özellikleri Şekil 1’de gösterilmiştir. Örneklerin tamamı kaymayla azalan akış özelliği (psödoplastik) göstermiş

olup, kayma hızı arttıkça kek hamurlarının viskozitesi azalmıştır. 25°C’da kek hamurlarının kayma gerilimi ve kayma hızı verileri Herschel-Bulkley modeline uygunluk göstermiştir ( $R^2$ , 0.9975-0.9950). Bu modele ait  $\tau_0$  (akma gerilimi), K (kıvam indeksi), n (akış davranış indeksi) ve  $R^2$  (determinasyon katsayısı) parametreleri Tablo 1’de verilmiştir.

En yüksek n değeri % 25 Oleojel-kek hamuruna ait iken ( $0.72 \pm 0.01$ ) en düşük n değeri Kontrol-kek hamuruna aittir ( $0.56 \pm 0.02$ ) ( $p < 0.05$ ). Bu durum kek hamurlarının kaymayla azalan akış özelliği (psödoplastik) gösterdiğini kanıtlamaktadır ( $n < 1$ ). Akma gerilimi ( $\tau_0$ ), kayma stresi belirli bir seviyeye gelinceye kadar katı özellik gösteren akışkanlarda var olan bir değerdir ve akışın başlaması için ihtiyaç duyulan en düşük kayma stresine denir (Ramaswamy ve Marcotte, 2006; Arıkan 2008). En yüksek  $\tau_0$  değerinin Kontrol-kek hamuruna ait olduğu ( $p < 0.05$ ) ve kek formülasyonundaki oleojel oranı arttıkça da bu değer düşüğü görülmektedir. Demirkese ve Mert (2019) tarafından yapılan çalışmada; balmumu-ayçiçek yağı oleojeli elde edilmiş ve çeşitli oranlarda şortening ile ikame edilerek glutensiz kek yapımında kullanılmıştır. Bu çalışmadaki bulgular bizim çalışmamızda elde edilen bulguları desteklemektedir. Demirkese ve Mert (2019) tarafından yapılan kek hamurları kayma ile azalan akış özelliği sergilemiş ve Herschel-Bulkley modeline uygunluk göstermiştir. Örneklerin  $\tau_0$  değerleri de oleojel içeren hamurlarda düşmüştür. Oh ve ark. (2017) tarafından çeşitli mum bazlı (pirinç kepeği mumu, kandelila mumu ve balmumu) ayçiçek yağı oleojelleri elde edilmiş ve bu oleojeller yağ ikame maddesi olarak kek yapımında kullanılmıştır. Mum bazlı oleojelleri içeren kek hamurlarının da kaymayla azalan akış özellikleri gösterdiği belirtilmiştir. Benzer sonuçlar Kim ve ark. (2017) tarafından da rapor edilmiştir. Ancak bu çalışmalarda kek hamurlarının Power Law modeline uygun olduğu belirtilmiştir. Bu farklılık kek hamurlarının formülasyonlarının farklı olmasından kaynaklanabilir.

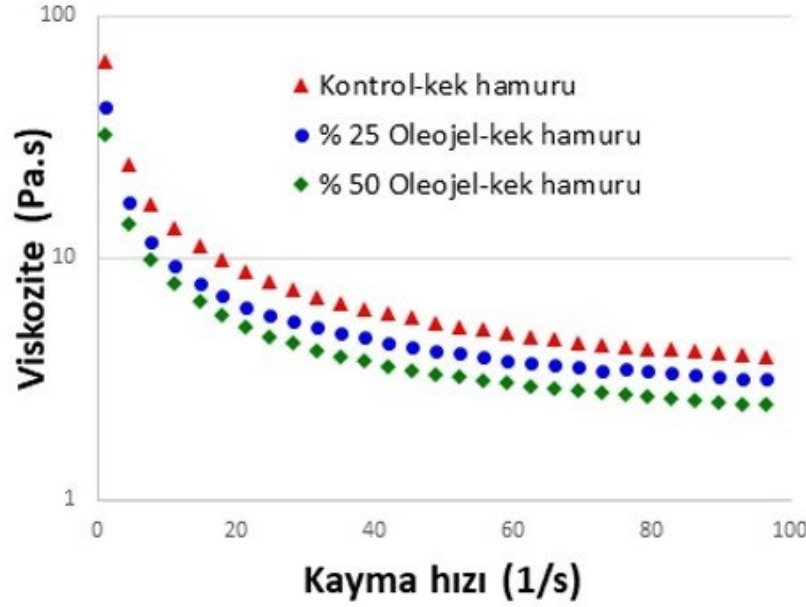
**Tablo 1.** Kek hamurlarının özgül ağırlık değerleri ve Herschel-Bulkley model parametreleri

**Table 1.** Specific gravity values and Herschel-Bulkley model parameters of cake batters

Örnek	Özgül Ağırlık	$\tau_0$ (Pa)	K (Pa.s)	n	$R^2$	$\eta_{50}$
Kontrol-kek hamuru	0.90 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	49.14 $\pm$ 0.27 <sup>c</sup>	24.24 $\pm$ 0.42 <sup>b</sup>	0.56 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.9975	5.66 $\pm$ 0.24 <sup>c</sup>
% 25 Oleojel-kek hamuru	0.98 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>	42.14 $\pm$ 1.26 <sup>b</sup>	9.84 $\pm$ 0.66 <sup>a</sup>	0.72 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.9960	4.11 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>
% 50 Oleojel-kek hamuru	1.06 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	32.75 $\pm$ 2.15 <sup>a</sup>	10.41 $\pm$ 0.58 <sup>a</sup>	0.67 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.9950	3.50 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>

$\tau_0$ : Akma gerilimi, K: kıvam indeksi, n: akış davranış indeksi,  $R^2$ : determinasyon katsayısı,  $\eta_{50}$ : görünür viskozite  
Aynı sütunda yer alan “a-c” harfleri örnek grupları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ( $p < 0.05$ ).





Şekil 1. Kek hamurlarının görünür viskozite-kayma hızı davranışları

Figure 1. Apparent viscosity-shear rate behavior of cake batters

Kontrol-kek hamurunun  $K$  değerinin oleojel ilaveli kek hamurlarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, Kontrol-kek hamurunun daha viskoz ve daha güçlü emülsiyon yapısında olduğuna işaret etmektedir (Ng ve ark., 2014). Örneklerin görünür viskozite ( $\eta_{50}$ ) sonuçları da Kontrol-kek hamurunun oleojel içeren hamurlara göre daha viskoz yapıda olduğunu kanıtlamaktadır. Bu durum mum bazlı oleojellerin güçlü jeller olmalarına rağmen, yapıları deforme olduğu zaman sertlik değerlerinin hızla azalması ile ilgili olabilir (Demirkesen ve Mert, 2019).

#### Dinamik Kayma Akış Davranış Özellikleri

Kek hamurlarının elastik modülü ( $G'$ ), viskoz modülü ( $G''$ ) ve  $\tan \delta$  ( $G''/G'$ ) değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Örneklerin viskoelastik özelliklerini belirlemek amacıyla frekans kayma (Frequency Sweep) testi uygulanmıştır. Bütün kek hamurlarının  $G'$  değerleri,  $G''$  değerlerinden daha yüksektir ve bu durum katı benzeri bir yapı sergilediklerini göstermektedir (Demirkesen ve Mert, 2019). Kontrol-kek hamurunun  $G'$  değerlerinin oleojel içeren kek hamurlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.  $G'$  değerleri ürünün esnekliğini ve deformasyona karşı olan direncini göstermektedir (Brito ve ark., 2022) ve bu nedenle, Kontrol-kek hamurunun oleojel içeren kek hamurlarına göre deformasyona karşı daha güçlü olduğu söylenebilir. Oh ve Lee (2018) tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kek hamurlarının

daki oleojel oranı arttıkça  $G'$  değerleri azalmıştır.  $G''$  değerlerine bakıldığında, bütün kek hamurlarında artan frekans ile birlikte bu değerde artış söz konusudur. Şorteningin oleojel ile ikame edilmesi sonucunda elde edilen hamurların  $G''$  değerlerinin, Kontrol-kek hamuruna göre daha düşük olduğu görülmektedir.  $G''$  değerinin düşük olması ise emülsiyonun akması için daha az strese ihtiyaç olduğunu ifade eder (Di Mattia ve ark., 2015).

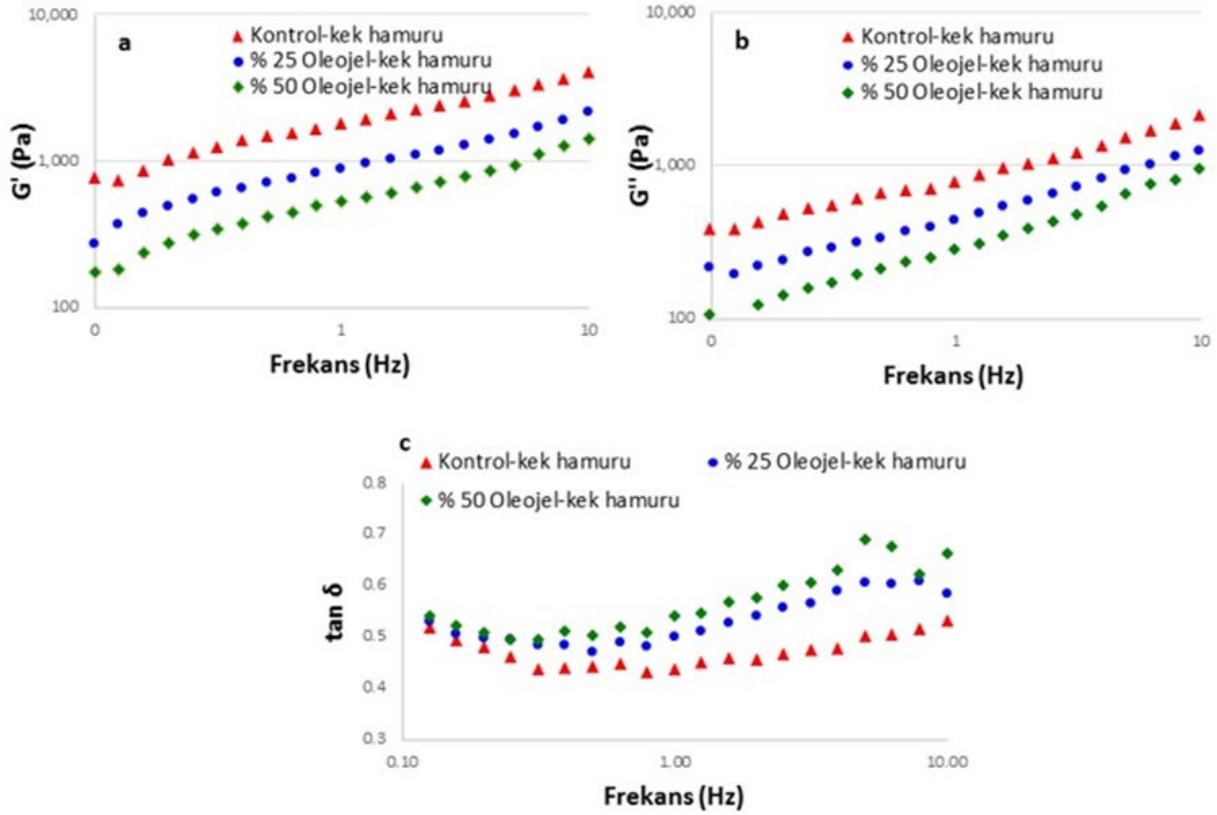
Kek hamurlarının  $\tan \delta$  değerlerinin 1'den küçük olması ( $\tan \delta < 1$ ) durumu yine kek hamurlarının katı benzeri bir davranış sergilediklerini göstermektedir (Guadarrama-Lezama ve ark., 2023). Kek hamurlarının  $\tan \delta$  değerleri oleojellerle daha fazla şortening ikame edildiğinde artmıştır. Bu durum oleojel içeren kek hamurlarının daha viskoz yapıda olduğunu göstermektedir. Kim ve ark. (2017) ve Oh ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmalarda da kek hamurlarına belirli oranlarda oleojel ikame edildiğinde  $\tan \delta$  değerlerinin arttığı bildirilmiştir.

Kek örneklerinin pişme kaybı analizi sonuçları Tablo 2'de görülmektedir. Kek yapımında kullanılan şorteningin oleojel ile ikame edilmesi durumunda, örneklerin pişme kaybı değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu durum; oleojelin, keklerin pişirilmesi esnasında nem kaybına karşı bariyer görevi görmesinden kaynaklanabilir. Benzer sonuçlar hayvansal yağ yerine oleojel kullanılan burger köftesi gibi et ürünlerinde de görülmüştür (Moghtadaei ve ark., 2021; Moghtadaei ve ark., 2018).

*Pişme Kaybı*

Kek hamurlarının reolojik analiz sonuçlarına bakıldığında kontrol örneğinin elastik modülü değerlerinin oleojel içeren kek hamurlarından çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum oleojelin şorteninge göre daha fazla yağ globülleri

içerdiğini göstermekte olup, hamur içerisinde bu globülleri sarmak için de daha fazla proteine ihtiyaç olduğuna işaret etmektedir. Böylece, ortamda daha fazla hidrofilik grubun bulunması ve bu grupların daha fazla suyu absorbe etmesi söz konusu olabilir (Moghtadaei ve ark., 2021).



**Şekil 2.** Kek hamurlarının viskoelastik özellikleri: (a) elastiklik modülü ( $G'$ ); (b) viskoz modülü ( $G''$ ); (c)  $\tan \delta$

**Figure 2.** Viscoelastic properties of cake batters: (a) storage modulus ( $G'$ ); (b) loss modulus ( $G''$ ); (c)  $\tan \delta$

**Tablo 2.** Kek örneklerinin pişme kaybı ve nem içeriği değerleri

**Table 2.** Cooking loss and moisture content of cake samples

Örnek	Pişme Kaybı (%)	Nem İçeriği (%)
Kontrol-kek	17.45 ± 0.93 <sup>b</sup>	18.08 ± 0.55 <sup>a</sup>
% 25 Oleojel-kek	16.12 ± 0.24 <sup>a</sup>	20.09 ± 0.53 <sup>b</sup>
% 50 Oleojel-kek	15.94 ± 0.04 <sup>a</sup>	20.03 ± 0.75 <sup>b</sup>

Aynı sütunda yer alan "a-b" harfleri örnek grupları arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ( $p < 0.05$ ).

### Nem İçeriği

Kek örneklerinin nem içeriği sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. Pişme kaybı analizinde elde edilen sonuçların nem analizi sonuçlarını desteklediği görülmektedir. Oleojel içeren kek örneklerinde suyun daha iyi tutulmasına bağlı olarak, kontrol örneğine göre daha yüksek nem değerleri elde edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Çalışmamızda elde edilen sonuçlar konu ile ilgili daha önce yapılmış olan çalışmalar tarafından desteklenmektedir. Giacomozzi ve ark. (2018) yağ fazı olarak yüksek oleik asitli ayçiçek yağı ve jelatör olarak da monostearin and monopalmitin karışımını kullanarak farklı oleojel formülasyonları elde etmiştir. Yapılan optimizasyonda en iyi sonucu veren oleojelleri, muffin yapımında ticari margarin yerine kullanmıştır. Oleojel kullanılan muffinlerin nem oranlarının kontrol örneğine göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Başka bir çalışmada kitosan-kanola yağı oleojeli, şortening ikamesi olarak kurabiye yapımında kullanılmış ve oleojel içeren kurabiyelerin nem içeriğinin şortening içeren örnekler göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Brito ve ark., 2022).

### Renk Analizi

Kek örneklerinin renk analizi sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Aydınlik değeri olarak bilinen  $L^*$  değerinin oleojel içeren kek örneklerinde azaldığı görülmektedir ( $p < 0.05$ ). Bu durum zeytinyağı oleojelinin ( $L = 54.80 \pm 1.77$ ) şorteninge ( $L = 93.52 \pm 0.26$ ) göre daha koyu renkli olmasından kaynaklanmaktadır (veri tabloda gösterilmemiştir). Kek formülasyonunda zeytinyağı oleojeli kullanımı, zeytinyağının sarımsı renge ( $b^* = 33.71 \pm 1.44$ ) sahip olması nedeniyle  $b^*$  değerlerinde artışa neden olmuştur ( $p > 0.05$ ).

Oh ve Lee (2018) tarafından yapılan çalışmada elde edilen bulgular, çalışmamızda elde edilen sonuçları desteklemektedir. Kek yapımında şortening ikamesi olarak kullanılan ayçiçek yağı-hidroksipropil metilselüloz oleojeli,  $L^*$  değerinin azalmasına ve  $b^*$  değerinin artmasına neden olmuştur. Başka

bir çalışmada glutensiz kek yapımında şortening ikamesi olarak balmumu-ayçiçek yağı oleojeli kullanılmıştır. Oleojel kullanımı keklerin  $L^*$  değerlerinde azalmaya neden olurken  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde ise önemli bir değişikliğe neden olmamıştır (Demirkesen ve Mert, 2019). Bu farklılıklar muhtemelen oleojel yapımında kullanılan yağ ve oleojelatörlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

### Tekstür Analizi

Kek örneklerinin tekstürel özellikleri Tablo 3’de verilmiştir. Kek yapımında kullanılan şorteningin % 25 ve % 50 oranında oleojel ile ikame edilmesi durumunda, elde edilen keklerin sertlik değerlerinin azaldığı görülmektedir ( $p < 0.05$ ). Bu durum, oleojel içeren kek hamurlarının özgül yoğunluğunun daha yüksek olmasına bağlı olarak, daha yoğun yapıya ve daha düşük hava tutma kapasitesine sahip olmalarından kaynaklanabilir (Oh ve Lee, 2018). Oleojel ikamesi ile sertliği azalan kekler daha yumuşak olmuş ve buna bağlı olarak elastikiyet değerleri artmıştır (Faber ve ark., 2017).

Oleojelatör olarak hidroksipropil metilselüloz kullanılarak ayçiçek yağı oleojelinin elde edildiği bir çalışmada; elde edilen oleojel, kruvasan yapımında farklı oranlarda şortening ikame maddesi olarak kullanılmıştır (% 50, % 60, % 70 ve % 100) (Espert ve ark., 2023). Oleojel ilaveli kruvasanların sertlik (penetrasyon testi) değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bu durum, oleojel içeren örneklerde katı yağ kristallerinin az bulunmasına veya hiç bulunmamasına bağlanmıştır. Ayrıca oleojel içeren kruvasanların tekstür profil analizinde elastikiyet değerlerinin de arttığı ifade edilmiştir. Oh ve Lee (2018) tarafından yapılan başka bir çalışmada; kek yapımında farklı oranlarda şortening ikame maddesi olarak ayçiçek yağı oleojeli kullanılmıştır (% 25, % 50 ve % 100). Tarafımızca yapılan çalışmada olduğu gibi, yağ içeriğinin % 25 ve % 50’si oleojel ile ikame edilen keklerin sertlik değerlerinin düştüğü elastikiyet değerlerinin de arttığı belirtilmiştir.

**Tablo 3.** Kek örneklerinin renk parametreleri ve tekstür özellikleri

**Table 3.** Color and texture parameters of cake samples

Örnek	$L^*$	$a^*$	$b^*$	Sertlik (g)	Elastikiyet (%)
Kontrol-kek	79.04 ± 1.99 <sup>b</sup>	-1.02 ± 0.10 <sup>a</sup>	18.79 ± 0.60 <sup>a</sup>	403.92 ± 14.84 <sup>c</sup>	42.29 ± 1.99 <sup>a</sup>
% 25 Oleojel-kek	76.91 ± 1.05 <sup>ab</sup>	-1.02 ± 0.05 <sup>a</sup>	20.42 ± 0.28 <sup>a</sup>	338.36 ± 28.60 <sup>b</sup>	45.64 ± 1.57 <sup>b</sup>
% 50 Oleojel-kek	72.67 ± 2.26 <sup>a</sup>	-0.92 ± 0.01 <sup>a</sup>	21.00 ± 1.63 <sup>a</sup>	303.11 ± 12.10 <sup>a</sup>	46.31 ± 3.37 <sup>b</sup>

Aynı sütunda yer alan “a-c” harfleri örnek grupları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ( $p < 0.05$ ).



### Duyusal Analiz

Kek örneklerinin duyusal analiz sonuçları Tablo 4' de verilmiştir. En yüksek görünüş değerine % 50 Oleojel-kek örneği sahiptir. Kekler renk açısından değerlendirildiğinde, oleojel ikamesinin renk beğenisini düşürdüğü görülmektedir. Ancak, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Renk analizi sonuçları da örnekler arasındaki farklılığı doğrulamaktadır. Kek formülasyonunda zeytinyağı oleojeli kullanımına bağlı olarak, aydınlık değerinin azalması ve sarılık değerinin artması panelistler açısından standart kek görüntüsünden farklı algılanmış olabilir.

Koku değerlerine bakıldığında ise en çok beğenilen örneğin % 25 Oleojel-kek olduğu görülmektedir ( $p > 0.05$ ). Zeytinyağı kokusu % 25 Oleojel-kek örneğinde beğenilmiş iken % 50 Oleojel-kek örneğinde tam tersi bir etki göstermiştir. Bu durum şortening ile ikame edilmiş oleojel miktarının artmasından kaynaklanabilir. Miktar artışına bağlı olarak zeytinyağı kokusu baskın hale gelmiş ve diğer örneklerle göre daha düşük puan almıştır. Kontrol-kek ve % 25 Oleojel-kek örnekleri lezzet açısından en yüksek puanlara sahip iken, % 50 Oleojel-kek örneği en az beğenilen örnek olmuştur ( $p > 0.05$ ). Kek örnekleri tekstür açısından değerlendirildiğinde ise lezzet ile benzer sonuçların alındığı görülmektedir. % 25 Oleojel-kek örneği genel beğeni açısından en yüksek değeri alırken, kontrol örneği en düşük değeri almıştır ( $p > 0.05$ ). % 50 Oleojel-kek örneği; renk, koku, lezzet ve tekstür bakımından kontrol örneğinden daha düşük puanlar almasına rağmen genel beğeni değerlendirmesinde kontrol örneğinden daha yük-

sek puan almıştır ( $p > 0.05$ ). Bu durum zeytinyağı oleojelinden gelen renk, koku, lezzet ve tekstür farklılığının tüketicide kötü olarak algılanmadığının göstergesi olabilir. Wettlaufer ve Floter (2022) tarafından benzer sonuçlar elde edilmiş ve mum bazlı oleojellerin kek formülasyonunda iyi performans sergilediği belirtilmiştir.

### Sonuç

Kek yapımında kullanılan şorteningin % 25 ve % 50 oranlarında zeytinyağı oleojeli ile ikame edilmesi, hem kek hamurunda hem de kek örneklerinde bir takım değişikliklere neden olmuştur. Oleojel ilavesi ile kek hamurlarının hava tutma kapasitesi azalmış, ancak oleojellerin nem kaybına karşı bariyer görevi görmesi ile pişme kaybı azalmıştır. Kek yapımında oleojel kullanımı ile tekstürel açıdan daha yumuşak ve daha elastik kekler elde edilmiştir. Duyusal değerlendirmede oleojel ilave edilen kekler, genel beğeni kategorisinde panelistler tarafından daha çok beğenilmiştir. Özellikle % 25 Oleojel-kek örneği lezzet açısından Kontrol-kek örneği ile aynı puanı aldığından, kek formülasyonundaki şorteningin % 25 oranında zeytinyağı oleojeli ile ikame edilmesi önerilmektedir. Bu durum, fırıncılık ürünlerinde şortening yerine oleojel kullanımının büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu ürünlerde oleojel kullanımı ile doymuş yağ kullanımını sınırlandırılmış olacak ve daha sağlıklı ürünler tüketime sunulacaktır. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda, zeytinyağı oleojeli kullanımından kaynaklı ürüne kazandırılmış olan fonksiyonel özellikler irdelenmelidir. Ayrıca, oleojel kullanımının ürünün raf ömrüne olan etkisi araştırılmalıdır.

**Tablo 4.** Kek örneklerinin duyusal özellikleri

**Table 4.** Sensory evaluation results of cake samples

Örnek	Görünüş	Renk	Koku	Lezzet	Tekstür	Genel Beğeni
Kontrol-kek	7.15 ±0.07	7.50 ±0.28	6.95 ±0.35	7.35 ±0.35	6.75 ±0.49	7.00 ±0.14
% 25 Oleojel-kek	7.10 ±0.42	7.45 ±0.21	7.10 ±0.00	7.35 ±0.07	6.75 ±0.35	7.35 ±0.21
% 50 Oleojel-kek	7.35 ±0.64	7.30 ±0.00	6.85 ±0.21	6.65 ±0.64	6.60 ±0.14	7.25 ±0.21

Örnekler arasındaki fark istatistiki olarak önemli değildir ( $p > 0.05$ ).

## Etik Standartlar ile Uyumluluk

**Çıkar çatışması:** Yazarlar, bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

**Etik izin:** Çalışma etik izin gerektirmemektedir.

**Veri erişilebilirliği:** Veriler talep üzerine sağlanacaktır.

**Finansal destek:** Bu çalışma herhangi bir fon tarafından desteklenmemiştir.

**Teşekkür:** -

**Açıklama:** -

## Kaynaklar

**AACCI (2010).** *Approved Methods of Analysis* (11 ed.). Method 10-00.01 Baking quality of cake flour; Method 10-15.01 Baking quality of angel-cake flour. AACCI International, St Paul, MN, USA.

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

**Alongi, M., Paolo, L., Clodoveo M.L., Schena, P.F. (2022).** Oleogelation of extra virgin olive oil by different oleogelators affects the physical properties and the stability of bioactive compounds. *Food Chemistry*, 368, 130779. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130779>

**Alvarez-Ramirez, J., Vernon-Carter, E.J., Carrera-Tarrela, Y., Garcia, A., Roldan-Cruz, C. (2020).** Effects of candelilla wax/canola oil oleogel on the rheology, texture, thermal properties and in vitro starch digestibility of wheat sponge cake bread. *LWT-Food Science and Technology* 130,109701. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109701>

**AOAC (2000).** *Official methods of analysis of AOAC International* (17 ed.). Method 935.36 Solid (total) in bread. AOAC International. Gaithersburg, MD, USA.

**Arıkan, B. (2008).** Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun ayva püresinin reolojik özellikleri üzerine etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 84 s.

**Armutçu, F., Namuslu, M., Yüksel, R., Kaya M. (2013).** Zeytinyağı ve sağlık: biyoaktif bileşenleri, antioksidan özellikleri ve klinik etkiler. *Konuralp Tıp Dergisi*, 5(1), 60-68.

**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. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1–15. <https://doi.org/10.1002/aocs.12694>

**Baltacıoğlu, C., Uyar M. (2017).** Kabak (*Cucubita pepo* L.) Tozunun kek üretiminde potansiyel kullanımı ve kek kalite parametrelerine etkisi. *Akademik Gıda*, 15(3), 274-280. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.345267>

**Brito, G.B., Peixoto, V.O.D.S., Martins, M.T., Rosário, D.K.A., Ract, J.N., Conte-Júnior, C.A., Torres, A.G., Castelo-Branco, V.N. (2022).** Development of chitosan-based oleogels via crosslinking with vanillin using an emulsion templated approach: Structural characterization and their application as fat-replacer. *Food Structure*, 32, 100264. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2022.100264>

**Choi, K.O., Hwang, H.S., Jeong, S., Kim, S., Lee, S. (2020).** The thermal, rheological, and structural characterization of grapeseed oil oleogels structured with binary blends of oleogelator. *Journal of Food Science*, 85(10), 3432-3441. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15442>

**Demirkesen, İ. (2017).** Farklı mumlarla oluşturulan oleojellerin reolojik ve tekstürel özellikleri. *GIDA / The Journal of Food*, 42(1). <https://doi.org/10.15237/gida.GD16059>

**Demirkesen, I., Mert, B. (2019).** Utilization of beeswax oleogel-shortening mixtures in gluten-free bakery products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(5), 545-554. <https://doi.org/10.1002/aocs.12195>

**Di Mattia, C., Balestra, F., Sacchetti, G., Neri, L., Mastroluca, D., Pittia, P. (2015).** Physical and structural properties of extra-virgin olive oil-based mayonnaise. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 764-770. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.065>

**Doğan, İ.S., Akbaş, Ö., Tunçtürk, Y. (2012).** Yağı azaltılmış kek üretiminde ekzopolisakkarit kullanımı. *GIDA / The Journal of Food*, 37(3), 141-148

**Espert, M., Wang, Q., Sanz, T., Salvador, A. (2023).** Sunflower oil-based oleogel as fat replacer in croissants: textural and sensory characterisation. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1943–1952.

<https://doi.org/10.1007/s11947-023-03029-w>

**Faber, T.J., Jaishankar, A., McKinley, G.H. (2017).** Describing the firmness, springiness and rubberiness of food gels using fractional calculus. Part II: Measurements on semi-hard cheese. *Food Hydrocolloids*, 62, 325–339.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.038>

**Ferro, A.C., de Souza Paglarini, C., Rodrigues Pollonio, M.A., Lopes Cunha, R. (2021).** Glyceryl monostearate-based oleogels as a new fat substitute in meat emulsion. *Meat Science*. 174, 108424.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108424>

**Ghazani, S. M., Dobson, S., Marangoni, A. G. (2022).** Hardness, plasticity, and oil binding capacity of binary mixtures of natural waxes in olive oil. *Current Research in Food Science*, 5, 998–1008.

<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.06.002>

**Giacomozi, A.S., Carrin, M.E., Palla, C.A. (2018).** Muffins elaborated with optimized monoglycerides oleogels: from solid fat replacer obtention to product quality evaluation. *Journal of Food Science*, 83(6), 1505–1515.

<https://doi.org/10.1111/1750-3841.14174>

**Guadarrama-Lezama, A.Y., Carrillo-Navas, H., Pérez-Alonso, C., Vernon-Carter, E.J., Hoda, H.H., Saad, A.M. (2023).** Utilization of carob bean pulp and seeds in preparing functional cup-cake and tortilla bread. *Food Technology Research Journal*, 1(1), 1–14.

<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2097487/v2>

**Jeong, S., Lee, S., Oh, I. (2021).** Development of antioxidant-fortified oleogel and its application as a solid fat replacer to muffin. *Foods*, 10(12).

<https://doi.org/10.3390/foods10123059>

**Kaçar, D. (2010).** Kimyasal interesterefikasyon yöntemi ile zeytinyağı bazlı yeni ibir yağ ürününün geliştirilmesi ve kek-bisküvi üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması. Hacettepe Üni., Fen Bil. Ens., Gıda Müh. A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye. 71 s.

**Khalil, A.H. (1998).** The influence of carbohydrate-based fat replacers with and without emulsifiers on the quality characteristics of lowfat cake. *Plant Foods for Human Nutrition*, 52, 299–313.

<https://doi.org/10.1023/A:1008096031498>

**Khiabani, A.A., Tabibiazar, M., Roufegarinejad, L., Hamishehkar, H., Alizadeh, A. (2020).** Preparation and characterization of carnauba wax/adipic acid oleogel: A new reinforced oleogel for application in cake and beef burger. *Food Chemistry*, 333, 127446.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127446>

**Kim, J.Y., Lim, J., Lee, J., Hwang, H.S., Lee, S. (2017).** Utilization of oleogels as a replacement for solid fat in aerated baked goods: physicochemical, rheological, and tomographic characterization. *Journal of Food Science*, 82(2), 445–452.

<https://doi.org/10.1111/1750-3841.13583>

**Malvano, F., Laudisio, M., Albanese, D., d'Amore, M., Marra, F. (2022).** Olive Oil-Based Oleogel as Fat Replacer in a Sponge Cake: A Comparative Study and Optimization. *Foods MDPI*, 11, 2643.

<https://doi.org/10.3390/foods11172643>

**Moghtadaei, M., Soltanizadeh, N., Goli, S.A.H. (2018).** Production of sesame oil oleogels based on beeswax and application as partial substitutes of animal fat in beef burger. *Food Research International*, 108, 368–377.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.051>

**Moghtadaei, M., Soltanizadeh, N., Goli-Hosseini, S.A., Sharifimehr, S. (2021).** Physicochemical properties of beef burger after partial incorporation of ethylcellulose oleogel instead of animal fat. *Journal Food Science Technology*, 58(12), 4775–4784.

<https://doi.org/10.1007/s13197-021-04970-4>

**Ng, S.P., Lai, O.M., Abas, F., Lim, H.K., Tan, C.P. (2014).** Stability of a concentrated oil-in-water emulsion model prepared using palm olein-based diacylglycerol/virgin coconut oil blends: Effects of the rheological properties, droplet size distribution and microstructure. *Food Research International*, 64, 919–930.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.08.045>

**Oh, I.K., Amoah, C., Lim, J., Jeong, S., Lee, S. (2017).** Assessing the effectiveness of wax-based sunflower oil oleogels in cakes as a shortening replacer. *LWT-Food Science and Technology*, 86, 430-437.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.021>

**Oh, I.K., Lee, S. (2018).** Utilization of foam structured hydroxypropyl methylcellulose for oleogels and their application as a solid fat replacer in muffins. *Food Hydrocolloids*, 77, 796-802.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.11.022>

**Orhan-Ozdemir, N., Eroglu, Z. (2022).** Structural characterization and oxidative stability of black cumin oil oleogels prepared with natural waxes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12).

<https://doi.org/10.1111/jfpp.17211>

**Ramaswamy, H., Marcotte, M. (2006).** *Food processing: principles and applications*. CRC Press, Boca Raton, USA, 407 p. ISBN: 978-0-203-48524-8.

**Roche, H.M. (2005).** Fatty acids and the metabolic syndrome. *Proceeding of the Nutrition Society*. 64, 23-29.

<https://doi.org/10.1079/PNS2004405>

**Roy, S., Hussain, S. A., Prasad, W. G., Khetra, Y. (2022).** Quality attributes of high protein ice cream prepared by incorporation of whey protein isolate. *Applied Food Research*, 2, 100029.

<https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100029>

**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.

<https://doi.org/10.3390/gels9030180>

**Stender, S., (2020).** Trans fat in foods in Iran, South-Eastern Europe, Caucasia and Central Asia: a market basket investigation. *Food Policy*, 96, 101877.

<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101877>

**Wettlaufer, T., Floter, E. (2022).** Wax based oleogels and their application in sponge cakes. *Food & Function*, 13(18), 9419-9433.

<https://doi.org/10.1039/D2FO00563H>

**Willett, S. A., Akoh, C. C. (2019).** Physicochemical characterization of yellow cake prepared with structured lipid oleogels. *Journal of Food Science*, 84(6), 1390-1399.

<https://doi.org/10.1111/1750-3841.14624>

**Yang, C., Liu, Z., Zhang, M., Woo, M.W., Li, S., Xiong, H., Zhao, Q. (2021).** Effects of fermentable carbohydrates on the quality properties and in vitro digestibility of Yiyang rice cake. *LWT-Food Science and Technology*, 148, 111800.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111800>

**Yu, Y., Wang, T., Gong, Y., Wang, W., Wang, X., Yu, D., Wu, F., Wang, L. (2022).** Effect of ultrasound on the structural characteristics and oxidative stability of walnut oil oleogel coated with soy protein isolate-phosphatidylserine. *Ultrasonics Sonochemistry*, 83, 105945.

<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.105945>

**Zhou, J., Faubion, J.M., Walker, C.E. (2011).** Evaluation of different types of fats for use in high-ratio layer cakes. *LWT-Food Science and Technology*, 44(8), 1802-1808.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.03.013>