

FARKLI MUMLARLA OLUŞTURULAN OLEOJELLERİN REOLOJİK VE TEKSTÜREL ÖZELLİKLERİ

İlkem Demirkese*

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü,
Gıda İşletmeleri ve Kodeks Dairesi Başkanlığı, Ankara

Geliş tarihi / Received: 24.05.2016

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 14.06.2016

Kabul tarihi / Accepted: 17.06.2016

Özet

Bu çalışmanın temel amacı, farklı mumların (ayçiçeği, pirinç kepeği ve karnauba) yağ-yapı oluşturma özelliklerinin anlaşılmasını sağlamaktır. Ayçiçeği yağı ile mumların oleojel oluşturma özellikleri reoloji, tekstürel ve katı yağ oranı ölçümleri gibi farklı teknikler kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayçiçeği mumu içeren oleojelleri, takiben pirinç kepeği ve karnauba mumu oleojelleri, en yüksek sertlik değerlerini sergilemişlerdir. Öte yandan, en yüksek iç ve dış yapışkanlık özellikleri karnauba mumu oleojellerinden elde edilirken; en düşük iç ve dış yapışkanlık değerleri ayçiçeği mumu oleojellerinde gözlenmiştir. Oleojellerin viskoziteleri sıcaklığın fonksiyonu olarak gözlenmiştir. Arrhenius eşitliğine göre, en yüksek aktivasyon enerjisi (E_a) karnauba mumu oleojellerinden elde edilmiştir. Viskoelastik özelliklerdeki değişim oleojellerin sertlik değerlerindeki değişimle paralellik göstermiştir. En yüksek depolama modülüs ve kayıp modülüs ayçiçeği mumu oleojellerinden elde edilirken, en düşük depolama modülüs ve kayıp modülüs değerleri karnauba mumu oleojellerinde gözlenmiştir. Tüm oleojel örnekleri arasında, karnauba mumu oleojel örneklerinin katı yağ oranı vücut sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta sabit kalmıştır.

Anahtar kelimeler: oleojel, ayçiçeği mumu, pirinç kepeği mumu, karnauba mumu, reology, tekstür, SFC

RHEOLOGICAL AND TEXTURAL CHARACTERISTICS OF OLEOGELS FORMED BY DIFFERENT WAXES

Abstract

The main objective of this study was to understand the oil-structuring properties of different waxes (sunflower, rice bran and carnauba). The formation of oleogels of sunflower oil with waxes was evaluated by using different techniques such as rheological, textural and solid fat content measurements. The oleogels with sunflower exhibited the highest hardness followed by rice bran and carnauba wax oleogels. On the other hand, the most adhesive and cohesive properties were obtained from the carnauba wax oleogel, while the lowest one was observed in sunflower wax oleogel. The viscosities of oleogels were observed as a function of temperature. According to Arrhenius equation, the highest activation energy (E_a) was obtained from carnauba wax oleogel. The changes in viscoelastic properties have been shown to correlate with the changes in hardness values of oleogels. While the highest storage modulus and loss modulus were obtained from sunflower wax oleojel, the lowest storage modulus and loss modulus were observed for carnauba wax oleojel. Among all oleogel samples, SFC of carnauba wax oleogel remained constant at the temperature close to body temperature.

Keywords: Oleogel, sunflower wax, rice bran wax, carnauba wax, rheology, texture, SFC

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ ilkem.mert@tarim.gov.tr,

☎ (+90) 312 278 7731,

☎ (+90) 312 278 7760

GİRİŞ

Katı yağlar, gıda endüstrisinde gıdalara fonksiyonel özellikler kazandırmak amacıyla kullanılan önemli bir gıda maddesi grubudur. Gıda ürünlerine istenilen yapısal özellikleri (tekstürel ve stabilize edici özellikler) birincil olarak trans ve doymuş yağlardan meydana gelen koloidal yağ kristal ağ oluşumu kazandırmaktadır (1). Ancak trans ve doymuş yağların tüketiminin sağlık üzerine olumsuz etkilerinden dolayı, farklı devlet kurumlarınca beslenme yönetmeliklerinde gerek çoklu doymuş yağ gerekse trans yağ tüketiminin azaltılması önerilmekte ve dolayısıyla katı yağların diyetlerde doymamış yağlarla ikame edilmesi tavsiye edilmektedir (2). Bu nedenle, pek çok üretici ve araştırmacı doymuş ve trans yağ kullanmadan ve sıvı yağların besinsel profillerini bozmadan sıvı yağların yapısını modifiye ederek gıdalara katı yağların fonksiyonel özelliklerine benzer özellikleri kazandırmayı hedeflemişlerdir (3). Bu amaçla araştırmacıların kullandığı bazı alternatif yeni yapılandırma metotları; yapılandırılan emülsiyon oluşum, interesterifikasyon ve organojelasyon teknikleridir (4).

Organojelasyon son yıllarda araştırmacıların ilgisini çeken sıvı yağlara viskoelastik özelliklerin kazandırıldığı ve sıvı yağların kendi başına stabil, anhidroz (susuz), termodönüşümlü ve üç boyutlu jel yapıları dönüştürüldüğü yeni ve gelişim aşamasında olan bir tekniktir (5, 6). Üç boyutlu jel ağı içerisinde hapsedilmiş organik sıvı olarak tanımlanan oleojellerin gıdalarda kullanımıyla ilgili literatürde kısıtlı sayıda yayın yer almaktadır (3-5, 7-14). Oleojeller sıvı yağ ve organojelatörlerden oluşan çift fazlı yapılar olduğu için oleojellerin fiziksel özellikleri kullanılan organojelatör türü ve miktarına bağlıdır. Sıvı yağlara üç boyutlu jel yapısı kazandırmak amacıyla triaçilgliserol, diaçilgliserol, monoaçilgliserol, yağ asitleri, yağ alkolleri, lesitin, sorbitan tristearat, fitosteroller ve γ -oryzanol gibi farklı tipte organojelatörler gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. İyi organojelatör fonksiyonu taşımaları, farklı gıda tipleri için uygunlukları, kısmen fiyatlarının uygun olması, ticari olarak ulaşılabilirliği ve düşük konsantrasyonlarda etkili bir şekilde kullanıma uygunluğu gibi pek çok özelliklerden dolayı gıda endüstrisinde en sık tercih edilen organojelatör ise mumlardır (5, 13, 15-20).

Mumların düşük polarizasyon değerine, uzun zincir yapısına ve yüksek erime noktasına sahip komponentlerden oluşma özelliği sıvı yağlara mükemmel kristalizasyon özelliği kazandırır. Bu nedenle mumlar güçlü yağ bağlama özellikleriyle birlikte üç boyutlu ağ yapısı içine kolaylıkla hapsolurlar ve dayanıklı jel yapıları oluştururlar (5). Literatürde, oleojellerin katı yağa alternatif olarak unlu mamullerde (7-9, 13) ve süt ürünlerinde (14, 21) ayrıca emülsiyon stabilitesini sağlamak ve yağı azaltmak amacıyla et ürünlerinde kullanılmasına dair çalışmalara rastlanmaktadır (2). Son yıllarda yapılan çalışmalar, kandelila (candelilla) ve karnauba (carnauba) mumlarının düşük konsantrasyonlarda güçlü jel oluşturan son derece etkili oleojeller olduklarını göstermiştir (15, 17, 22, 23). Doan ve ark. (5) çeşitli mumların pirinç kepeği yağıyla oleojel oluşturma davranışlarını reolojik ölçümler, DTK (diferansiyel taramalı kalorimetre) ve polarize ışık mikroskobu kullanarak test etmişlerdir. Yapılan çalışmada, karnauba Brezilya ve meyve mumlarının pirinç kepeği yağıyla oleojel oluşturma özelliklerinin reolojik davranış açısından zayıf olduğunu ancak %2 konsantrasyondan daha düşük konsantrasyonda kullanılsa dahi karnauba yabancı mumu, dut mumu, kandelila mumu, balmumu mumu ve ayçiçeği mumunun son derece etkili organojeller olduğunu ortaya koymuştur. Hwang ve ark. (17) yaptıkları çalışmada ayçiçeği, kandelila ve pirinç kepeği mumlarının soya yağı ile oleojel oluşturma özelliklerini araştırmışlar. Yapılan çalışmada, ayçiçeği mumunun diğer mum türlerine göre soya yağıyla çok daha dayanıklı jel yapısı oluşturduğunu dolayısıyla ayçiçeği mumunun çok daha etkili bir organojelatör olduğunu ortaya koymuşlardır. Blake ve Marangoni (23) farklı türde (pirinç kepeği, ayçiçek, kandelila ve karnauba) ve farklı konsantrasyondaki (%1, 2 ve 4) bitkisel mumların kanola yağıyla oleojel oluşturma özelliklerini karşılaştırmışlardır. Erime ve kristalizasyon, mikro-yapısal, reolojik ve yağ bağlama özellikleri bakımından pirinç kepeği ve ayçiçek mumlarının daha etkili organojelatörler olduğunu ortaya koymuşlardır.

Oleojellerin katı yağ ikamesi olarak kullanımına dair literatürde çalışmalar yer almakla birlikte, oleojellerin fonksiyonlarını ortaya koyan çalışmalar

oldukça kısıtlıdır. Mumlardan oluşan oleojeller yüksek kayma ve zamana bağlı karakteristik özelliklerinden dolayı son derece kompleks reolojik özellikler gösterir. Yapılarındaki fraktal agregatlar boşlukları doldurur ve bu özellik oleojellere yüksek elastik özellik ve lineer rejimde yüksek viskozite kazandırır. Kristal partiküllerden oluşan oleojellerin üç boyutlu ağ yapısı kayma gerilmesine karşı duyarlı olup, oleojellerin reolojik özellikleri deformasyona karşı son derece hassastır ve kayma sırasında daha küçük agregatlara ayrılır (8, 9, 14). Oleojellerin gıdalarda kullanım alanlarını arttırabilmek amacıyla kayma sırasındaki akış davranışlarını ve deformasyon davranışlarını anlamak böylece oleojellerin reolojik özelliklerini ortaya koymak son derece önem taşımaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmada farklı mum türlerinin (ayçiçeği, pirinç kepeği ve karnauba) ayçiçek yağıyla oleojel oluşturma özelliklerini ortaya koymak amacıyla oleojellerin reolojik özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca oluşturulan oleojellerin gıdaların kalitesi üzerine etkisini araştırmak amacıyla oleojellerin tekstürel özellikleri ve katı yağ içeriklerinin de belirlenmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bitkisel yağ, ayçiçek yağı (AY) ELITA (Adana, Türkiye) firmasından temin edilmiş ve -18 °C'de depolanmıştır. Deneyler için yağlar kullanılmadan bir hafta önce 4 °C tutulmuştur. Ayçiçeği mumu (AÇM), pirinç kepeği mumu (PKM) ve karnauba mumu (KM) Kalhwax GmbH & Co. KG (Trittau, Almanya) firmasından sağlamıştır.

Yöntemler

Oleojellerin Hazırlanması

Oleojeller, %5 oranında ayçiçeği mumu (AÇM), pirinç kepeği mumu (PKM) ve karnauba mumu (KM)'nin AY'na katılmasıyla ve daha sonra karışımın 150 °C'de 15 dakika boyunca manyetik balık yardımıyla karıştırılmasıyla homojen karışımlar olarak elde edilmiştir. Oleojelleri oluşturmak amacıyla, bu dispersiyonlar oda sıcaklığında bir gece bekletilmiştir.

Tekstür Profil Analizi

Oleojel örneklerinin tekstürel özellikleri bir tekstür analiz cihazı (TA.XT Plus, Stable Micro Systems, UK) yardımıyla 10 mm/dak test hızı uygulanarak silindirik şekilde bir prob (çapı 5 cm) yardımıyla 25 mm çapında ve 10 mm yüksekliğinde örneklerinin yüksekliklerinin %30'una kadar sıkıştırılması sonucunda belirlenmiştir. Ölçümler sırasında 25 N'luk yük hücresi kullanılmış olup tekstürel özellikler sertlik (hardness), dış yapışkanlık (adhesiveness), iç yapışkanlık (cohesiveness), elastiklik (springness) ve sakımsızlık (gumminies) güç/zaman kurvelerinden hesaplanmıştır.

Oleojellerin Reolojik Özellikleri

Oleojel örneklerinin reolojik özelliklerini incelemek amacıyla kesme viskozitesi (shear viscosity) ve sıcaklık ve frekans tarama (temperature and frequency sweep) testleri TA reometre (AR 2000ex, Sussex, UK) ile paralel plakalı geometri (20 mm çapında ve 2 mm yüksekliğinde) kullanılarak yapılmıştır. Belirli sıcaklıklarda bir seri gerilme taraması (strain sweep) deneyleri yapıldıktan sonra, 0.001 değeri oleojellerin doğrusal viskoelastik bölgesi için en uygun gerilim gerginliği (strain amplitude) olarak belirlenmiş ve sıcaklık ve frekans tarama testlerinde kullanılmıştır.

Sıcaklık tarama testleri için, tamamen erimiş test örnekleri Peltier sıcaklık kontrol ünitesine yerleştirilmiş ve oleojellerin viskoziteleri 100/s kayma hızında ve 2 °C/dak ısıtma hızında sıcaklık 50 °C'den 90 °C'e çıkarken analiz edilmiştir. Dinamik viskoelastik özelliklerse, sıcaklık 25 °C'den 80 °C'e artarken 2°C/dak ısıtma oranında 1 Hz boyunda frekansta, oleojellerin doğrusal viskoelastik bölgesinde, dinamik sıcaklık rampa testleri yardımıyla belirlenmiştir. Frekans tarama testleri 0.1-20 Hz aralığında belirlenmiş ve depolama (G') ve kayıp (G'') modülüsleri belirlenmiştir. Yapılan her test üç paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

Katı Yağ Oranının Belirlenmesi

AÇM, PKM ve KM oleojellerinin katı yağ oranı değerleri, belirli sıcaklıklarda bir Maran SFC (Resonance Instrument Ltd., Witney, UK) nükleer

manyetik rezonans enstrümanı aracılığıyla AOCS Official Cd 173, no: 16b-93 metoduna (24) göre belirlenmiştir. Deneyler iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Verilerin İstatistiksel Analizi

Örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($P \leq 0.05$) olup olmadığını bulabilmek için tek yönlü ANOVA (varyans analizi) kullanılmıştır. İstatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunduğu takdirde, Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizler MINITAB paket programı (Versiyon 16) tarafından gerçekleştirilmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Tekstür Profil Analizi

Mumların oleojellerin sertlik değerleri üzerine etkileri kristal yapıları, şekil büyüklüğü ve termal kinetik davranışlarıyla açıklanabilmektedir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi en yüksek sertlik değeri AÇM oleojel örneklerinden elde edilirken, en düşük sertlik değerleri KM oleojel örneklerinden elde edilmiştir ($P \leq 0.05$). Doan ve ark. (5), Hwang ve ark. (25) ve Dassanayake ve ark. (26) yaptıkları çalışmalarda benzer bulgular elde etmişlerdir. Dassanayake ve ark (26) yaptıkları çalışmada mumların (pirinç kepeği, kandelila ve karnauba) oleojellerin sertlik değerleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla oleojel örneklerinin penetrasyon derinliği değerlerini belirlemiş ve yüksek penetrasyon değerlerine sahip olan oleojellerin daha yumuşak jel yapısına sahip

olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan çalışmada en yüksek penetrasyon değerleri sırasıyla karnauba, kandelila ve pirinç kepeği oleojellerinden elde edilmiştir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi en yüksek iç ve dış yapışkanlık değerleri KM oleojel örneklerinden elde edilirken en düşük iç ve dış yapışkanlık değerleri AÇM oleojel örneklerinde gözlenmiştir ($P \leq 0.05$). AÇM oleojelleri daha yüksek sertlik değerlerine sahip oldukları için, diğer oleojel örneklerine göre daha yüksek sakızimsılık (sertlik x iç yapışkanlık) değerlerine sahip olmuşlardır. Diğer bir ifadeyle, ayçiçek yağı, ayçiçeği mumundan oluşan jel paketi içerisine çok daha iyi bir şekilde hapis olarak, sertlik değerleri daha yüksek güçlü oleojel paketleri oluşturmuşlardır. Hwang ve ark (25) yaptıkları çalışmada benzer bulgulara ulaşmışlardır. Yapılan çalışmada, KM oleojellerinin AÇM oleojelleri gibi güçlü jel yapıları oluşturamamalarını karnauba mumunun yapısındaki alifatik esterlerin ve p-hidroksisanimik alifatik diesterlerin karışımının ayçiçeği mumunun yapısındaki mum esterler kadar güçlü jel oluşturma özelliği olmamasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada, pirinç kepeği mumunun yapısında yer alan mum esterlerin pirinç kepeği mumu oleojellerinin güçlü jel paketi oluşturmaya neden olduğu belirtilmiştir.

Oleojellerin Reolojik Özellikleri

Çizelge 2'de görüldüğü gibi farklı tür mumlarla hazırlanan oleojel örneklerinin viskoziteleri sıcaklığın bir fonksiyonu olarak gözlenmiş ve viskozitelerinin sıcaklığa göre değişimi Arrhenius modeline göre ifade edilmiştir (7);

Çizelge 1. Farklı türdeki mumlarla hazırlanan oleojel örneklerinin tekstürel özellikleri
Table 1. Textural properties of oleogel samples prepared with different types of waxes

Tekstürel özellikler Textural properties	AÇM oleojel SFW oleogel	PKM oleojel RBW oleogel	KM oleojel CW oleogel
Sertlik (N) Hardness (N)	5.41 ^a	3.84 ^b	2.78 ^c
Dış yapışkanlık (N.s) Adhesiveness	4.23 ^a	2.95 ^b	2.01 ^c
İç yapışkanlık Cohesiveness	0.33 ^b	0.38 ^a	0.41 ^a
Sakızimsılık (N) Gumminies	1.73 ^a	1.42 ^{ab}	1.10 ^b
Elastiklik Springness	0.43 ^b	0.57 ^{ab}	0.62 ^a

Farklı harfler (a, b ve c) örnekler arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılık olduğunu göstermektedir ($P \leq 0.05$). AÇM oleojel: Ayçiçek mumu oleojeli, PKM oleojel: Pirinç kepeği mumu oleojeli, KM oleojel: Karnauba mumu oleojeli. Different letters (a, b and c) show that there are statistically significant differences between samples ($P \leq 0.05$). SFW oleogel: Sunflower wax oleogel, RBW oleogel: Rice bran wax oleogel, CW oleogel: Carnauba wax oleogel.

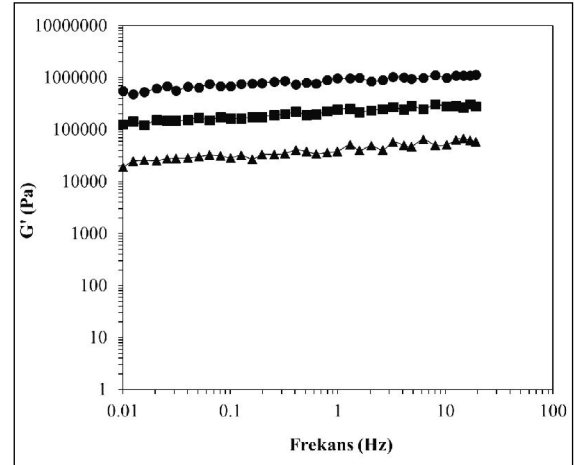
$$\eta = A \cdot \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (1)$$

Denklemden η yağ viskozitesi, A preeksponansiyel faktör, E_a aktivasyon enerjisi, R gaz sabiti ve T mutlak sıcaklık anlamına gelmektedir.

Vizkozite-sıcaklık ilişkisi, Arrhenius modeli temel alınarak türetilen bir eksponansiyel denklem ile ortaya koyulmuş ve determinasyon katsayısı ($R^2 > 0.83$) elde edilmiştir. Elde edilen bu yüksek determinasyon katsayısı da modelin uygunluğunu göstermiştir. Arrhenius denkleminde yer alan aktivasyon enerjisi (E_a), $\ln(\eta)$ (\ln .viskozite)'nin sıcaklığın tersi ($1/T$) ile olan grafiğın eğimiyle orantılıdır. Yüksek E_a , elde edilen eğrinin eğiminin daha dik olduğunu gösterir ve oleojellerin sıcaklığa karşı reolojik olarak hassasiyetini gösteren bir yaklaşımdır. Çizelge 2'de gösterildiği gibi en düşük E_a değeri AÇM oleojellerinden elde edilmiş ($P \leq 0.05$), dolayısıyla AÇM oleojellerinin viskoziteleri artan sıcaklıkla sadece küçük bir değişim sergilemiştir. Öte yandan, en yüksek E_a değeri KM oleojel örneklerinden elde edilmiştir ($P \leq 0.05$) ve bu yüksek E_a değeri KM oleojel örneklerinin yapısal olarak sıcaklığa karşı hassasiyetlerini ortaya koymuştur.

Şekil 1 a ve b'de mumların oleojellerin viskoelastik özellikleri üzerine etkisi görülmektedir. Bütün oleojel örneklerinin depolama modülüs (G') değerlerinin kayıp modülüs (G'') değerlerinden daha yüksek olması, oleojel örneklerinin baskın elastik, jel karakteristik özelliklerini ortaya koymuştur. Şekil 1a ve b'de görüleceği gibi en yüksek depolama modülüs ve kayıp modülüs değerleri AÇM oleojel örneklerinden elde edilirken, KM oleojellerinin düşük depolama ve kayıp modülüs değerlerine sahip olmaları viskoelastik

yapılarının zayıf olduğunu göstermiştir. Mert ve Demirkesen (9) yaptıkları çalışmada, sadece kanola yağı içeren hamurlara kıyasla oleojel ile hazırlanan hamurların çok daha yüksek depolama ve kayıp modülüs değerlerine sahip olduklarını belirtmiştir. Yine aynı çalışmada, tekstürel açıdan bakıldığında oleojel örnekleriyle hazırlanan hamurları sıkıştırmak için gereken kuvvetin yani sertlik değerinin çok daha fazla olduğu bulunmuştur. Çizelge 1 ve Şekil 1a ve b'de görüldüğü gibi AÇM içeren oleojel örnekleri daha yüksek sertlik değerlerine ve aynı zamanda daha yüksek depolama ve kayıp modülüs değerlerine sahip olurken, KM içeren oleojel örneklerinden daha düşük sertlik değeri ve daha zayıf viskoelastik özellikler elde edilmiştir.



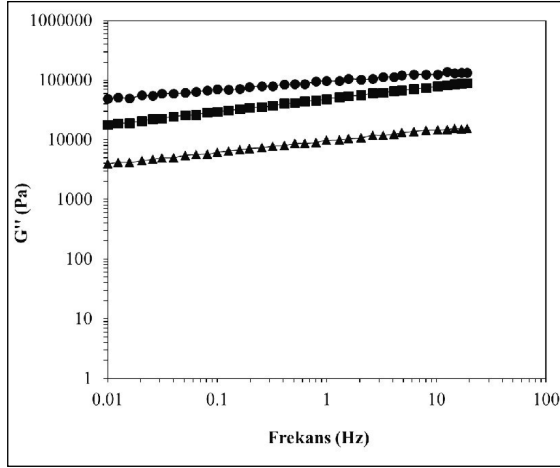
Şekil 1a. Farklı türdeki mumlarla hazırlanan oleojel örneklerinin frekans tarama depolama (G') modülüs değerleri. (●): Ayçiçeği mumu oleojeli, (■): Pirinç Kepeği mumu oleojeli, (▲): Karnaubu mumu oleojeli.

Figure 1a. Frequency sweep storage (G') modulus values of oleogel samples prepared with different types of waxes. (●): Sunflower wax oleogel, (■): Rice Bran wax oleogel, (▲): Carnauba wax oleogel.

Çizelge 2. Farklı türdeki mumlarla hazırlanan oleojel örneklerinin Arrhenius model parametreleri
Table 2. Arrhenius model parameters of oleogel samples prepared with different types of waxes

	E_a (J/kg.mol)	A (Pa.s)	R^2
AÇM oleojel	$2.87E+07 \pm 6.06E+05^c$	$1.53E-05 \pm 3.18E-06^a$	0.8786
SFW oleojel			
PKM oleojel	$3.38E+07 \pm 5.78E+05^b$	$1.97E-06 \pm 2.56E-14^b$	0.8367
RBW oleojel			
KM oleojel	$4.39E+07 \pm 8.24E+05^a$	$2.08E-08 \pm 4.98E-12^c$	0.8959
CW oleojel			

Farklı harfler (a, b ve c) örnekler arasında istatistiksel olarak önemli derecede farklılık olduğunu göstermektedir ($P \leq 0.05$). AÇM oleojel: Ayçiçek mumu oleojeli, PKM oleojel: Pirinç kepeği mumu oleojeli, KM oleojel: Karnaubu mumu oleojeli. Different letters (a, b, and c) show that there are statistically significant differences between samples ($P \leq 0.05$). SFW oleojel: Sunflower wax oleogel, RBW oleojel: Rice bran wax oleogel, CW oleojel: Carnauba wax oleogel.



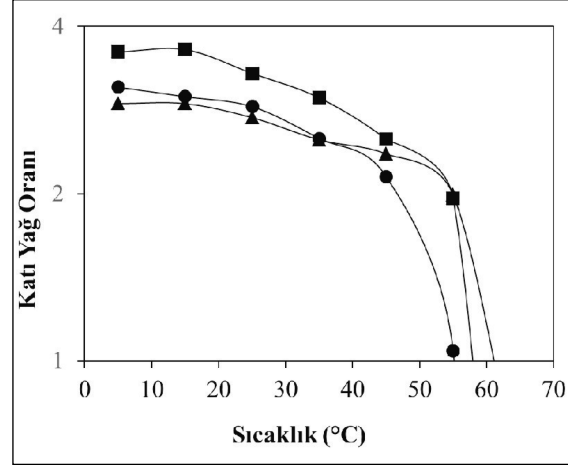
Şekil 1b. Farklı türdeki mumlarla hazırlanan oleojel örneklerinin frekans tarama kayıp (G'') modülüs değerleri. (●): Ayçiçeği mumu oleojeli, (■): Pirinç Kepeği mumu oleojeli, (▲): Karnaubu mumu oleojeli.

Figure 1a and b. Frequency sweep loss (G'') modulus values of oleogel samples prepared with different types of waxes. (●): Sunflower wax oleogel, (■): Rice Bran wax oleogel, (▲): Carnauba wax oleogel.

Katı Yağ Oranının Belirlenmesi

Şekil 2 farklı türdeki mumların (AÇM, PKM ve KM) oleojellerin katı yağ oranlarına etkisini sıcaklığın fonksiyonu olarak göstermektedir. Oleojellerin katı yağ oranı profillerindeki farklılık mumların oleojellerin katı yağ oranı üzerine güçlü etkilerini sergilemektedir. Katı/sıvı yağ oranı gıdalardan istenilen kalite özelliklerini elde etmek için oldukça önemli bir rol oynayan bir parametredir. Örneğin, unlu mamullerin üretiminde kullanılan yağın yeterli katı yağ oranı içermesi hamurun karıştırılması sırasında gaz tutma kabiliyetini artırarak, elde edilen ürünün yumuşak bir tekstüre ve homojen şekilde dağılmış gözeneklere sahip olmasını sağlamaktadır (8). Mert ve Demirkese (8, 9) yaptıkları çalışmada, sorteninge kıyasla oleojel örneklerinin, özellikle %3 oranında mum içeren oleojel örneklerinin çok düşük katı yağ oranına sahip olduğunu ancak yüksek oranda (%6) mum kullanılmasıyla oleojel örneklerinin katı yağ oranlarının arttığını gözlemişlerdir. Şekil 2'de görüldüğü gibi, 60-65, 55-60, 50-55°C sıcaklıklar arasında sırasıyla KM, PKM ve AÇM'lerinin katı yağ oranlarında keskin düşüşler meydana gelmiştir. Bütün oleojel örnekleri içerisinde KM oleojelinin katı yağ oranı vücut sıcaklığına (body temperature) yakın bir sıcaklıkta sabit kalmıştır. Tüm mumlar için kristal

fazın tamamen erimesi için yüksek sıcaklıklara (50-70 °C) ihtiyaç duyulmuştur. Ancak kristal fazın tamamen erimesi için gerekli olan sıcaklık değerinin diğer oleojel örneklerine göre KM oleojelleri için daha yüksek olduğu görülmüştür (70 °C).



Şekil 2. Farklı türdeki mumlarla hazırlanan oleojel örneklerinin katı yağ oranı. (●): Ayçiçeği mumu oleojeli, (■): Pirinç Kepeği mumu oleojeli, (▲): Karnaubu mumu oleojeli.

Figure 2. Solid fat content of oleogel samples prepared with different types of waxes. (●): Sunflower wax oleogel, (■): Rice Bran wax oleogel, (▲): Carnauba wax oleogel.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı türde mumların (ayçiçek, pirinç kepeği ve karnaubu) ayçiçek yağıyla kombinasyonlarından farklı tipte oleojeller oluşturulmuş ve oleojellerin yağ-jelleşme özellikleri reolojik, tekstürel ve katı yağ tayini ölçümleri yardımıyla belirlenmiştir. Ayçiçek mumunun kullanıldığı oleojel örnekleri daha sert tekstüre sahip olurken, en yumuşak tekstür ise karnaubu mumu içeren oleojel örneklerinden elde edilmiştir. Karnaubu mumu içeren oleojel örnekleri sıcaklığa karşı oldukça fazla duyarlılık gösterirken, ayçiçek mumu içeren oleojel örnekleri sıcaklığa karşı düşük hassasiyet sergilemişlerdir. Oleojel örneklerinin viskoelastik özellikleri incelendiğinde, en yüksek depolama ve kayıp modülüs değerleri ayçiçeği mumu içeren oleojel örneklerinden elde edilmiştir. Ayrıca, karnaubu mumu içeren oleojel örneklerinin viskoelastik özellikleri tekstürel özellikleriyle paralellik göstermiş ve bu örneklerden düşük depolama ve kayıp modülüs değerleri elde edilmiştir. Mevcut tüketici talepleri kaliteden ödün vermeden düşük oranda katı yağ içeren

ürünlerin üretilmesi yönündedir ve bu beklentiyi karşılamak amacıyla düşük oranda katı yağ içeren işlenmiş gıdaların üretimi için oleojellerin kullanımının artırılması gıda sanayine fayda sağlayacaktır. Yapılan çalışma sonucunda özellikle ayçiçek yağı mumunun ayçiçek yağı ile oluşturduğu oleojellerin gıdalarda başarı ile kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Öğütücü M, Yılmaz E. 2012. Margarinlere Alternatif Olabilecek Yeni Bir Ürün: Oleojeller-I. *Dünya Gıda*, 01, 68-73.
- Stortz TA, Zetzl AK, Barbut S, Cattaruzza A, Marangoni AG. 2012. Edible oleogels in food products to help maximize health benefits and improve nutritional profiles. *Lipid Technol*, 24 (7), 151-154.
- Patel AR, Rajarethinam PS, Gredowska A, Turhan O, Lesaffer A, De Vos WH, De walle DV, Dewettinck K. 2014. Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes. *Food Funct*, 5(4), 645-652.
- Zetzl AK, Marangoni AG, Barbut S. 2012. Mechanical properties of ethylcellulose oleogels and their potential for saturated fat reduction in frankfurters. *Food Funct*, 3(3), 327-337.
- Doan CD, Van de Walle D, Dewettinck K, Patel AR. 2015. Evaluating the oil-gelling properties of natural waxes in rice bran oil: Rheological, thermal, and microstructural study. *J Am Oil Chem Soc*, 92(6), 801-811.
- Zetzl AK, Gravelle AJ, Kurylowicz M, Dutcher J, Barbut S, Marangoni AG. 2014. Microstructure of ethylcellulose oleogels and its relationship to mechanical properties. *Food Struct*, 2 (1), 27-40.
- Jang A, Bae W, Hwang HS, Lee HG, Lee S. 2015. Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. *Food Chem*, 187, 525-529.
- Mert B, Demirkesen I. 2016. Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product. *Food Chem*, 199, 809-816.
- Mert B, Demirkesen I. 2016. Evaluation of highly unsaturated oleogels as shortening replacer in a short dough product. *LWT-Food Sci Technol*, 68, 477-484.
- Öğütücü M, Arifoğlu N, Yılmaz E. 2015. Preparation and Characterization of Virgin Olive Oil-Beeswax Oleogel Emulsion Products. *J Am Oil Chem Soc*, 92(4), 459-471.
- Patel AR, Dewettinck K. 2015. Comparative evaluation of structured oil systems: Shellac oleogel, HPMC oleogel, and HIPE gel. *Euro J Lipid Sci Technol*, 117(11), 1772-1781.
- Patel AR, Cludts N, Sintang MDB, Lesaffer A, Dewettinck K. 2014. Edible oleogels based on water soluble food polymers: preparation, characterization and potential application. *Food Funct*, 5(11), 2833-2841.
- Yılmaz E, Öğütücü M. 2015. The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food Funct*, 6(4), 1194-1204.
- Zulim Botega DC, Marangoni AG, Smith AK, Goff HD. 2013. The potential application of rice bran wax oleogel to replace solid fat and enhance unsaturated fat content in ice cream. *J Food Sci*, 78(9), 1334-1339.
- Blake AI, Marangoni AG. 2015. Plant wax crystals display platelet-like morphology, *Food Struct*, 3, 30-34.
- Dassanayake LSK, Kodali DR, Ueno S, Sato K. 2009. Physical properties of rice bran wax in bulk and organogels. *J Am Oil Chem Soc*, 86 (12), 1163-1173.
- Hwang HS, Kim S, Evans KO, Koga C, Lee Y. 2015. Morphology and networks of sunflower wax crystals in soybean oil organogel. *Food Struct*, 5, 10-20.
- Rogers MA, Strober T, Bot A, Toro-Vazquez JF, Stortz T, Marangoni AG. 2014. Edible oleogels in molecular gastronomy. *Int J Gastro Food Sci*, 2 (1), 22-31.
- Toro-Vazquez JF, Mauricio-Pérez R, González-Chávez MM, Sánchez-Becerril M, de Jesús Ornelas-Paz J, Pérez-Martinez JD. 2013. Physical properties of organogels and water in oil emulsions structured by mixtures of candelilla wax and monoglycerides. *Food Res Int*, 54 (2), 1360-1368.
- Toro-Vazquez JF, Morales-Rueda JA, Dibildox-Alvarado E, Charó-Alonso MA, Alonzo-Macías M, González-Chávez MM. 2007. Thermal and textural properties of oleogels developed by candelilla wax in safflower oil. *J Am Oil Chem Soc*, 84, 989-1000.

21. Bemer HL, Limbaugh M, Cramer ED, Harper WJ, Maleky F. 2016. Vegetable organogels incorporation in cream cheese products. *Food Res Int*, 85, 67-75.
22. Blake AI, Marangoni AG. 2014. Structure and physical properties of plant wax crystal networks and their relationship to oil binding capacity. *J Am Oil Chem Soc*, 91 (6), 885-903.
23. Blake AI, Marangoni AG. 2015. The use of cooling rate to engineer the microstructure and oil binding capacity of wax crystal networks. *Food Biophys*, 10 (4), 456-465
24. AOCS. 1989. Official methods and recommended practices of the American oil chemists' society, Method Cd 16b-93. Champaign, IL, USA.
25. Hwang HS, Kim S, Singh M, Winkler-Moser JK, Liu SX. 2012. Organogel formation of soybean oil with waxes. *J Am Oil Chem Soc*, 89 (4), 639-647.
26. Dassanayake LSK, Kodali DR, Ueno S, Sato K. 2009. Physical properties of rice bran wax in bulk and organogels. *J Am Oil Chem Soc*, 86 (12), 1163-1173.