

Farklı Doğal Antioksidanların Kızartma Süresince Yer Fıstığı Yağının Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri

Emin Yılmaz[✉], Buket Aydeniz

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

Geliş Tarihi (Received): 11.11.2013, Kabul Tarihi (Accepted): 15.01.2014

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): eyilmaz@comu.edu.tr (E. Yılmaz)

☎ 0 286 218 00 18 / 2170 📠 0 286 218 05 41

ÖZET

Çalışmada, yeşil çay yaprağı (YCE), üzüm çekirdeği (UCE) ve domatesten (LPE) üretilen ekstraktlar ile pirinç kepeği yağından izole edilen saf γ -oryzanol (SGO) kızartma için ideal bir materyal olan yerfıstığı yağına ilave edilmiş ve gerçek kızartma koşullarında (180°C, 7 gün, 5 saat/gün) yağın fiziksel özellikleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Kontrol grubu olarak da bütillendirilmiş hidroksi anisol (BHA) ve bütillendirilmiş hidroksi toluen (BHT) kullanılmıştır. Tüm deneme gruplarında ölçümlerden elde edilen aralıklar şöyledir; L değeri (52.68-41.42), a* değeri (3.41-5.26), b* değeri (-5.30-10.46), bulanıklık (0.70-10.40 NTU), viskozite (69.57-442.00 cP), dumanlanma noktası (233.50-168.35 °C), toplam polar madde (% 14.52-88.50) ve hamurların adsorbe ettiği yağ miktarı (% 3.62-14.22). Genel olarak doğal antioksidanlarla katkılanmanın, yağın bozulmasının geciktirilmesi ve kızartılan gıdanın kalitesinin iyileştirilmesinde pozitif etkilere sahip oldukları görülmüştür. Özellikle SGO ile katkılanmanın yağın renk değeri, dumanlanma noktası ve absorbe edilen yağ düzeyinin minimize edilmesinde başarı sağladığı tespit edilmiştir. Doğal antioksidan ekstraktlarının kızartma yağlarında da güvenle kullanılabileceği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yer fıstığı yağı, Yeşil çay, Resveratrol, Likopen, Gama oryzanol

Effects of Different Natural Antioxidants on Physical Properties of Peanut Oil During Frying

ABSTRACT

In this study, the phenolic extracts obtained from green tea leaves (YCE), grape seeds (UCE), tomatoes (LPE) and γ -oryzanol isolated from rice bran oil (SGO) were enriched into peanut oil which is a suitable oil for frying and their effects were investigated on physical properties of the frying oil at actual frying conditions (7 consecutive days at 180°C for 5h/day). As control group, butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT) were used. The ranges of measurements in the treatment groups were; L value (52.68-41.42), a* value (3.41-5.26), b* value (-5.30-10.46), turbidity (0.70-10.40 NTU), viscosity (69.57-442.00 cP), smoke point (233.50-168.35°C), total polar material (14.52-88.50%) and the oil absorbed by dough (3.62-14.22%). In general, additions of natural antioxidant extracts have shown to retard oil deterioration and to improve the quality of the fried foods. Especially, γ -oryzanol enriched oil has shown to improve color and smoking point values of the frying oil, and to reduce the absorbed fat level. It was shown that natural antioxidant extract can be used safely in frying oils.

Key Words: Peanut oil, Green tea, Resveratrol, Lycopene, Gamma oryzanol

GİRİŞ

Kızartma eski olmasına rağmen halen popülerliğini koruyan bir gıda hazırlama ve işleme tekniğidir. Kızartma esnasında absorbe edilen yağ, kızarmış ürüne hoşça giden bir tat ve tekstürel yapı kazandırmakta, bu olumlu etkilerine ilaveten yüksek sıcaklıklarda oluşan lipid oksidasyonu, ürünün kalitesinde istenmeyen etkilere yol açabilmektedir [1, 2]. Oksidasyon, yağlarda ve yağlı ürünlerde görülen yaygın bir bozunma reaksiyonudur. Reaksiyonun ilerlemesi ile birlikte hidroperoksitler, aldehitler, ketonlar, alkoller ve asitler gibi daha küçük organik bileşikler oluşur ki bu bileşikler okside yağların koku ve aroma karakteristiklerini de değiştirirler [3]. Antioksidanlar, lipid oksidasyonunu bölme yada engelleme suretiyle geciktiren ve bu suretle yemeklik katı ve sıvı yağların depo stabilitesini destekleyen, daha uzun raf ömrüne sahip olmalarını sağlayan kimyasal bileşiklerdir [3, 4].

Kızartma yağlarında kızartma süresiyle oluşan değişimler, serbest yağ asitliğinde artış, köpük oluşumu, renkte koyulaşma, viskozitede yükselme, polar bileşiklerde (aldehit, keton, asit, peroksit vb.) artış ve polimerik madde miktarındaki artışla birlikte, yağdaki toplam doymamışlığın azalması ile karakterize edilmektedir. Lipid oksidasyonunun tespit edilmesi kızartma performansı üzerinde etkili olup, gıdanın ve yağın kalitesi bakımından büyük önem taşımaktadır [2].

Kızartma yağlarında yağın kullanım ömrünü artırmak, hazırlanan ürünün kalitesini ve besin değerini geliştirmek, atık yağ oranını azaltmak için yararlanılan tekniklerden (uygun kızartma yağı ve ekipmanının seçimi, kızartma sıcaklığı ve süresinin optimizasyonu, filtreleme, adsorban materyallerle aktif filtrasyon, kontrollü atmosfer uygulaması, taze yağla dilüsyon gibi) bir tanesi de yağa antioksidan madde ilavesidir. Yemeklik yağlar geleneksel olarak bazı sentetik antioksidanlarla (BHA, BHT, TBHQ, Gallatlar vb.) katkılanmaktadır. Ancak son yıllarda ortaya çıkan bulgular ve sağlık konusundaki endişeler bu sentetik katkıları yerine doğal kökenli antioksidanların (tokoller, polifenoller vb.) kullanımının daha avantajlı olabileceğini ortaya koymuştur [5-9].

Faraq ve ark. [5] tarafından yapılan bir çalışmada, zeytin yaprakları preslenerek elde edilen bitki özsuyu ayçiçek yağına katılmış ve yağ 5 ardışık gün boyunca 180°C de ısıtılmıştır. Araştırmacılar yağ stabilitesinin korunması ve antioksidan kapasitenin geliştirilmesi için 800 ppm polifenol madde eşdeğerindeki katkılamının olumlu sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir. Benzer bir diğer çalışmada da, 120 ve 240 mg toplam fenol içeriğine sahip zeytin yaprağı ekstraktları palm, zeytin ve ayçiçeği yağına katılarak patates kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekstrat ilavesinin yağın dayanımını artırmanın yanı sıra kızartılan patateslerin tüketilmesi ile birlikte oleuropein alımını da teşvik ettiği belirlenmiştir [6]. Laboratuvarımızda yürütülen bir çalışmada [10], zeytin ve fındık yaprağı ile fındık çotanağından fenolik ekstraktlar hazırlanarak kanola yağına 200 ppm fenolik madde eşdeğerinde katkılanmış ve 180°C de 35 saat kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kızartma bitiminde

doğal antioksidanlarla katkılanmış örneklerin kontrole kıyasla daha yüksek fenolik madde ve antioksidan aktivite değerine sahip olduğu, kızartma süresince *trans* asit oluşumunun daha az olduğu, katkılamının kızartma yağının ısı dayanımını artırdığı ve önemli faydalar sağladığı, kızartılan hamurlar arasında duyuşsal özellikler açısından farklılık bulunmadığı gösterilmiştir.

Yer fıstığı (*Arachis hypogaea*) tohumlarından elde edilen yağ, dünya bitkisel yağ üretiminin % 7-10'unu karşılamakta olup, gerek yemeklik gerekse kızartmalık amaçlar doğrultusunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yer fıstığı yağının derin yağda kızartmada tercih edilmesinin başlıca sebebi, düşük yağ içerikli ve gevrek yüzeyli gıdaların oluşmasında önemli bir kriter olan yüksek dumanlanma noktası değerine (229.4°C) sahip olmasıdır. Karakteristik fındığımsı bir aromaya sahip yer fıstığı yağı, fırıncılık ürünlerinde, kahvaltılık tahıllarda, sütlü tatlılarda aromalandırıcı olarak da kullanılmaktadır [11].

Bu çalışmanın amacı, farklı doğal antioksidan ekstraktlarla zenginleştirilmiş yer fıstığı yağının fiziksel özelliklerinin gerçek kızartma işlemlerinde nasıl değiştiğinin incelenmesidir. Bu çalışmanın ilk bölümü olan aynı katkılamının yağın kimyasal özellikleri üzerine olan etkileri ise sayfa limiti dolayısıyla daha önce başka bir makale halinde sunulmuştur.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Rafine yer fıstığı yağı (Helvacızade A.Ş., Konya) piyasadan satın alınmıştır. Kızartma süresince etkisi araştırılan sentetik BHA (Kemin Food Technologies, Belçika), BHT (Vankim Kimya, İstanbul), yeşilçay (Çaykur-Organik Zümrüt Yeşilçay, Rize), saflaştırılmış y-orizanol (Oryza Oil & Fat Chemical Co.Ltd., Japonya), üzüm çekirdeği ekstraktı (% 99 *trans*-resveratrol, DSM, İsviçre), likopen (% 10 likopen, DSM, İsviçre) ilgili firmalardan ücretsiz olarak temin edilmiştir. Hamur hazırlamak için un (Kepez Un, Çanakkale), instant maya (Dr. Oetker, İzmir) ve sofraya tuzu (Billur salt, İzmir) kullanılmıştır. Sabit bir formulasyona göre (% 62.18 un, % 37.31 su, % 0.24 maya, % 0.24 tuz) hazırlanan hamurlar mayalanmaları için 30 dakika boyunca 40°C de bekletilmiş ve her bir hamurun ağırlığı 28-35 g olacak şekilde yuvarlak parçalara ayrılmıştır. Analizlerde kullanılan tüm kimyasal maddeler, Merck (Darmstadt, Almanya) ve Sigma-Aldrich (St. Louis, ABD) firmalarından satın alınmıştır.

Yeşilçay Ekstraktının Hazırlanması

Yeşilçay yaprakları hava akımlı bir kurutucuda (Ecocell Drying Oven, MMM Medcenter, Germany) 40°C' de 6 saat kurutulduktan sonra öğütücü (Warring Blender 7011S, Warring Laboratory, USA) yardımıyla toz hale getirilmiştir. Ekstraksiyon sıvısı olarak metanol: su (80:20) kullanılmıştır. Sıvı: katı oranı 20:1 (v/w) olacak şekilde evaporatör balonuna aktarılan içerik 45°C'de 200 rpm'de 2 saat ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Süre sonunda tüm içerik 4°C'de 4000

rpm'de 10 dk santrifüj edilerek üst faz ayrılmış, rezidü üzerine 30 ml daha ekstraksiyon sıvısı ilave edilerek 6000 rpm'de 10 dakika daha santrifüj işlemi tekrarlanmıştır. Biriktirilen tüm üst fazların içerdiği metanol ve su fazı 45°C de vakum altında uzaklaştırılmış ve saf yeşilçay ekstraktı elde edilmiştir.

Sentetik ve Doğal Antioksidanlarla Kızartma Yağının Katkılanması

Gıda katkı maddeleri için FAO/WHO tarafından hazırlanan genel standartta [16] yer alan ve bitkisel yağlara katılmasına izin verilen sentetik antioksidanların kullanım limiti 200 ppm dir. Çalışmamızda yağa katılacak olan bitkisel ekstrakt miktarlarının hesaplanmasında, her bir ekstraktın sentetik antioksidan karışımında ölçülecek olan toplam antioksidan (TEAC)

içeriğine eşdeğer antioksidan etki gösteren miktarı esas alınmıştır. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle hazırlanan sentetik antioksidan karışımının (BHA: BHT=1:1, w/w) antioksidan aktivitesi tespit edilmiştir (Tablo 1). Kızartma yapılacak yağ hacmi 1500 g olarak belirlendiğinden ötürü, sentetik antioksidan katım düzeyi 300 mg olarak belirlenmiş ve yağa ilave edilmiş, daha sonra her bir doğal antioksidan ekstraktı uygun solventler içerisinde çözüldürülerek antioksidan kapasiteleri ölçülüp, bahsi geçen sentetik antioksidan karışımının 300 mg ına denk gelen antioksidan kapasiteye eşdeğer miktarları yerfıstığı yağına ilave edilmiştir (Sentetik antioksidan karışımı için antioksidan kapasite değeri 1045.90 mMol Trolox/g olarak tespit edilmiştir; gerçek katım düzeyinin 300 mg olduğu düşünülüğünde bu değer 313.77 mMol Trolox/0.3 g a eşdeğerdir).

Tablo 1. Yerfıstığı yağının katkılanmasında kullanılan sentetik ve doğal antioksidanların antioksidan kapasite değerleri ve yağa katım düzeyleri

Örnek	mMol Troloks/ g ekstrakt	Katkılama Düzeyi (g) (313,77 mMol Troloks eşdeğeri)
Sentetik antioksidan karışımı (BHA:BHT, 1:1 w/w)	1045.90	0.3
Yeşilçay ekstraktı (YCE)	1442.22	0.21
Likopen ekstraktı (LPE)	76.341	4.11
Üzüm çekirdeği ekstraktı (UCE)	6251.95	0.05
Saflaştırılmış γ -oryzanol ekstraktı (SGO)	72.63	4.32

Her bir ekstraktın hesaplanan miktarı önce 100 g yağa (100°C) ilave edilmiş ve 7 dakika boyunca homojenize (8000 rpm) (Ultra Turrax, Ika Werke, Almanya) edilmiştir. Böylece fenolik ekstraktın yağ içinde iyice dağılması sağlanmıştır. Daha sonra bu yağ, fritöz içerisindeki stok yağa eklenecek olarak karıştırılmıştır.

Kızartma İşlemi

Kızartma işlemi Arnica Z27A (Arnica, Türkiye) tip fritözlerde (2.7 L) gerçekleştirilmiştir. Kızartma işlemi altı farklı deneme grubunda, aynı koşullar altında yürütülmüş ve 7 gün (35h) boyunca sürdürülmüştür. Fritözler günde 180°C'de 5-5.5 saat açık tutulmuştur. Her bir fritöz için yarım saatte 2 adet hamur olacak şekilde toplam 20 hamur kızartılmış ve kızartma işlemi "kontrol", "Sentetik antioksidanlarla katkılanmış", "Yeşilçay ekstraktı ile katkılanmış", "Üzüm çekirdeği ekstraktı ile katkılanmış", "Likopen ekstraktı ile katkılanmış" ve "Saflaştırılmış γ -Oryzanol ile katkılanmış" olarak altı ayrı grupta ikiye tekerrürlü olarak kızartılmıştır. Kontrol kızartmada yağlara herhangi bir antioksidan katılması gerçekleştirilmemiştir.

Kızartma işleminin başlangıcında fritöz haznesi 1500 g yağ ile doldurulmuştur. Ardından fritöz fişe takılarak yağın yarım saat içinde ayarlanmış sıcaklık olan 180°C'ye ulaşması sağlanmıştır. Yarım saatin sonunda ilk iki hamur atılarak kızartma işlemine başlanmıştır ve hamurların her biri 10 dakika kızartılmıştır. Gün sonunda 200 mL yağ örneği alınarak kapaklı amber renkli cam şişelere konulmuş ve etiketlenmiştir. Örnekler ışık geçirmeyen bir kutuya konularak analizlere kadar buzdolabında (+4°C) saklanmıştır. Her gün içerisinde kızartılan hamurlar soğuduktan sonra buzdolabı

poşetlerine konularak etiketlenmiş ve analizlere kadar derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

Her bir kızartma günü sonunda alınan yağ ve hamur örneklerinde aşağıda belirtilen analizler belirtilen yöntemler doğrultusunda uygulanmıştır.

Renk Değeri

Renk ölçümünde CIE'in sistemi kullanılarak L, a* ve b* değerleri Minolta CR-300 Reflektans kolorimetresi (Osaka, Japonya) belirlenmiştir [12].

Türbidite (Bulanıklık) Değeri

Yağ örneklerinin bulanıklığı, HACH 2100AN laboratuvar tipi türbidimetre (USA) ile ölçülmüştür. 1000, 10 ve 0,2 NTU (Nephelometric Turbidity Units)'luk referans sıvılar kullanılarak kalibre edilen cihazda, tüm okumalar oda sıcaklığında (25°C) gerçekleştirilmiştir.

Viskozite Değeri

Yağ örneklerinin viskozite değerleri, rotasyonel tip bir viskozimetrede (Brookfield DV-II+Pro, Massachusetts, ABD), 18 numaralı standart mil (spindle) ve 30 rpm sabit hız kullanılmak suretiyle 25°C'de Centipoise cinsinden (cP) tespit edilmiştir [13].

Dumanlanma Noktası

Yağ örneklerinin dumanlanma noktası AOCS'nin Cc 9a-48 metodu esas alınarak ölçülmüştür [14]. Buna göre yaklaşık 30 mL yağ örneği cam bir behere (50 mL) aktarıldıktan sonra kademeli olarak sıcaklığı artan bir yüzey ısıtıcı üzerine yerleştirilmiştir. Kabın yüzeyinden

gözlem yaparak bir termometre yardımıyla ilk mavi renkli dumanın belirdiği sıcaklık tespit edilmiştir.

Toplam Polar Madde (Food Oil Sensor)

Yağdaki polar materyallerin oluşumunun tespit edilmesi amacıyla, kızartma yağlarında dielektrik sabiti değerindeki değişikliklerin ölçülmesi esasına dayanan Testo 265 (Lenzkirch, Almanya) adlı cihazdan yararlanılmıştır. Ölçümler her bir yağ örneği için 40°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir.

Hamurların Absorbe Ettiği Yağ Miktarı

Kızartma sırasında hamurlar tarafından absorbe edilen yağ miktarı AOAC 920.39 [15] metoduna göre Soxhlet ekstraktörü ile belirlenmiştir

İstatistiksel Analizler

Bu çalışma iki tekerrürlü olarak yapılmış ve her tekerrürdeki ölçümler en az iki paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan tüm istatistik analizlerinde güvenlik sınırı en az % 95 seviyesinde tutulmuştur. Yağ örneklerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırılmalarında varyans analizi tekniğinden (Tukey testi) yararlanılmıştır. İstatistik analizlerin yapılmasında MINITAB (Ver 16) ve NCSS (2007)/GESS (2006) paket programından yararlanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Kızartma başlangıcında (0. gün) tüm deneme grupları arasında yapılan karşılaştırmada, sentetik antioksidanlar, YCE ve LPE ile katkılamanın, yağların L* değerlerini iz miktarlarda da olsa etkilediği ve artışa sebep olduğu, UCE ve SGO ilavesinin ise L* değerinde azalmaya yol açtığı tespit edilmiştir (Tablo 2). Katkılamanın renk üzerindeki bu etkisi, deneme grupları arasında istatistiksel olarak da önemli (p=0.002) bulunmuştur. Kızartma süresince beklenildiği üzere yağın renginde koyulaşma meydana gelmiş ve L* değeri giderek azalmıştır. Kontrol hariç diğer tüm deneme gruplarında kızartma süresindeki artışa bağlı olarak gözlenen azalma düzenli bir seyir izlemişken, kontrol grubunda 5. günden sonra bir artış gözlenmiş fakat bu değişimin günlere göre istatistiksel bir değerlendirmesi yapıldığında önemsiz olduğu (p=0.583) sonucuna varılmıştır. Kızartma bitiminde en düşük L* değerine sahip deneme grubunun UCE ile katkılanmış yerfıstığı yağı olduğu tespit edilmiş, en olumlu sonuçlar kontrol ve YCE ile katkılanarak kızartmaya tabi tutulmuş yağlardan alınmıştır.

LPE doğal karakterinden ötürü güçlü bir kırmızı renge ve boyar güce sahiptir ve bu ekstrakt ile katkılanmış yağların kızartma başlangıcında ölçülen en yüksek a* değerine (kırmızılık değeri) sahip olmasını açıklamaktadır (Tablo 2). L* değerine benzer şekilde yağın kırmızılık değerinin de zamanla giderek arttığı ve en yüksek kırmızılık değerine kontrol ve UCE ile katkılanarak kızartılmış yağlarda erişildiği, en olumlu sonuçların ise (en düşük a* değeri) SGO ile katkılanmış

deneme grubundan alındığı tespit edilmiştir. Kızartma bitiminde tüm deneme gruplarında ölçülen b* değerlerinin mavilik yönünde olduğu ortaya çıkmış; a* değerine benzer şekilde en yüksek mavilik değerine UCE ile katkılanarak kızartmaya tabi tutulmuş deneme grubunda erişilmiştir. Genel olarak ölçülen renk değerlerindeki değişimler dikkate alındığında, UCE'nin daha olumsuz bir durum sergilediği ortaya çıkmıştır.

Kızartma süresinin ilerlemesi ile birlikte yıkım tepkimeleri de ilerlemekte, oluşan bozunma ürünleri ve polimerizasyon yağda bulanıklık artışına sebep olmaktadır [17]. Dülger ve Yılmaz [18] tarafından yapılan bir çalışmada, doğal ve modifiye edilmiş zeolitle muamele edilerek kızartma işlemine (180°C, 6 gün, 5 saat/gün) tabi tutulmuş rafine fındık yağının bulanıklık değerinin kızartma süresince yükseldiği, zeolitle aktif filtrelemenin kızartma süresince yağın daha berrak kalmasına yardımcı olduğu rapor edilmiştir. Çalışmamızda antioksidanlarla muamele edilmiş deneme grupları incelendiğinde YCE ile katkılanmış taze yerfıstığı yağının bulanıklık değerinin en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, yeşilçaydaki fenoliklerin yağda çözünme özelliğinin zayıf olmasına atfedilebilir. Tüm deneme grupları incelendiğinde ise, literatürdeki bulgulara benzer olarak bulanıklığın kızartma süresince giderek arttığı ve 7. gün sonunda en yüksek değere YCE ve LPE ile katkılanmış yağlarda ulaşıldığı tespit edilmiştir (Tablo 3).

Yağlarda viskozitenin artması, yağ asitleri arasında yüksek molekül ağırlıklı bileşenlerin meydana gelmesine neden olan polimerizasyonun (karbon-karbon ve/veya karbon-oksijen-karbon köprüleri) ve oksidasyonun bir sonucu olarak kabul edilmektedir [19, 20]. Jaswir ve ark. [21] tarafından yapılan bir çalışmada biberiye ve adaçayı ekstraktları ile katkılanmış rafine palm yağının kızartma stabilitesi değerlendirilmiştir. Kontrol grubu viskozite değerlerinin 50.2 cP (0.gün) ve 71.1 cP (6.gün) aralığında değiştiği, biberiye ve adaçayı ile muamele edilmiş örneklerde değişimin daha az olduğu, bu doğal ekstraktlarla katkılanmış yağlarda 6. kızartma günü sonunda sırasıyla 65.3 ve 64.2 cP viskozite değerlerine ulaşıldığı rapor edilmiştir. Tablo 4'te kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait viskozite ölçüm sonuçları verilmiştir. Yerfıstığı yağının doğal ve sentetik antioksidanlarla katkılanmasının, taze yağın viskozitesi üzerinde çok belirgin bir artışa sebep olmadığı fakat bu durumun istatistiksel olarak önemli (p=0.000) bulunduğu tespit edilmiştir. Kızartma süresi boyunca viskozite değerlerinin periyodik olarak yükseldiği ve tüm kızartma gruplarında bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Katkılanmış kızartma yağlarında viskozite artışı benzer düzeyde seyretmekle birlikte, 5. günden sonra tüm gruplarda değerde ani bir yükselme gözlenmiş, YCE ile katkılanmış yağlarda ölçülen viskozite değeri diğer tüm deneme gruplarından daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, viskozitenin hem kızartma süresinden hem de kızartma yağının türünden/kızartma ortamından önemli derecede etkilendiği gözlenmiştir.

Tablo 2. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katılanmış kızartma yağlarına ait aletsel renk değerleri

Gün/p-değeri	Kontrol	BHA:BHT	YCE	LPE	UCE	SGO
	(p=0.583)	(p=0.001)	(p=0.000)	(p=0.032)	(p=0.006)	(p=0.548)
0 (0.002)	51.44±0.35 A**	52.68±0.54 Aa	52.44±0.23 Aa	52.03±0.76 Aa	49.19±1.29 Aab	47.49±1.27 Ab
1 (0.150)	50.68±0.68 Aa	51.88±0.27 ABa	51.44±0.59 Aa	49.50±1.81 ABa	48.52±1.06 ABa	49.16±0.67 Aa
2 (0.295)	50.55±1.30 Aa	51.26±0.40 Aba	51.61±0.40 Aa	49.23±0.50 ABa	48.12±2.03 ABCa	48.75±1.65 Aa
3 (0.330)	50.01±2.45 Aa	50.15±0.87 Aba	51.89±0.30 ABa	49.29±1.58 ABa	48.07±0.51 ABCa	47.86±1.10 Aa
4 (0.053)	49.95±1.39 Aa	51.07±0.22 ABCa	50.78±0.30 ABa	47.33±1.76 ABa	47.22±0.82 ABCa	47.54±1.19 Aa
5 (0.418)	48.44±0.98 Aa	49.95±1.01 ABCa	49.75±0.28 BCa	47.94±0.84 ABa	46.40±3.64 ABCa	47.91±1.25 Aa
6 (0.673)	51.603±0.477 Aa	49.52±0.70 BCa	48.92±0.19 Ca	46.43±0.33 ABa	42.06±1.37 BCa	47.46±1.08 Aa
7 (0.000)	51.84±0.87 Aa	48.09±0.17 Cab	48.28±0.48 Cab	45.80±1.09 Bbc	41.42±2.11 Cc	45.58±0.56 Abc
	(p=0.000)	(p=0.002)	(p=0.000)	(p=0.001)	(p=0.002)	(p=0.807)
0 (0.000)	3.76±0.17 Db	3.82±0.14 Cb	3.55±0.02 Cb	3.55±0.16 Aa	3.41±0.18 Cb	4.05±0.47 Ab
1 (0.855)	4.00±0.12 CDa	3.71±0.04 Ca	3.63±0.03 Ca	3.20±0.44 ABa	3.90±0.16 BCa	3.50±1.04 Aa
2 (0.576)	4.36±0.06 BCDA	3.96±0.14 BCa	3.68±0.11 Ca	3.83±0.16 ABa	4.02±0.47 ABCa	3.87±0.35 Aa
3 (0.380)	4.68±0.17 ABCa	4.39±0.48 ABCa	3.91±0.17 BCa	4.16±0.22 ABCa	4.03±0.14 ABCa	4.08±0.22 Aa
4 (0.755)	4.68±0.17 ABCa	4.41±0.19 ABCa	4.61±0.04 ABa	4.52±0.31 ABCa	4.11±0.21 ABCa	4.16±0.64 Aa
5 (0.457)	4.89±0.16 ABa	4.68±0.11 ABCa	4.88±0.20 ABa	4.82±0.19 ABCa	4.66±0.23 ABCa	4.26±0.29 Aa
6 (0.754)	5.05±0.20 ABa	4.87±0.20 ABa	4.83±0.31 Aa	4.44±0.46 BCa	4.95±0.41 ABa	4.58±0.19 Aa
7 (0.120)	5.18±0.03 Aa	5.01±0.15 Aa	4.89±0.35 Aa	4.83±0.18 Ca	5.26±0.21 Aa	4.61±0.13 Aa
	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.001)	(p=0.000)	(p=0.042)
0 (0.000)	10.46±0.54 Aa	1.44±0.14 Ab	1.28±0.11 ABbc	-0.52±0.18 Abc	0.66±0.72 Abc	0.06±0.46 Abc
1 (0.643)	-0.06±0.96 Ba	0.55±0.32 ABa	0.83±0.18 ABa	-0.67±0.56 ABa	0.08±1.46 ABa	0.33±0.66 Aa
2 (0.145)	-0.17±0.42 Ba	1.35±0.48 Aa	1.38±0.21 Aa	0.49±0.38 Aa	0.11±0.77 Aa	0.76±0.30 Aa
3 (0.495)	-0.57±0.32 Ba	0.05±0.45 ABa	0.59±0.17 ABa	-1.26±0.89 ABCa	0.06±0.52 ABa	-0.28±1.12 Aa
4 (0.037)	-0.26±0.65 Bab	-0.40±0.11 ABCab	-0.13±0.29 ABCa	-0.41±0.58 ABab	-3.84±1.29 BCb	-1.49±1.22 Aab
5 (0.594)	-1.30±0.77 Ba	-1.26±0.73 BCDA	-0.62±0.81 BCDA	-2.42±0.57 BCa	-1.85±0.24 ABCa	-1.40±0.99 Aa
6 (0.151)	-1.28±0.55 Ba	-1.87±0.42 CDa	-2.12±0.27 Da	-3.35±0.46 Ca	-2.27±0.52 ABCa	-2.20±0.64 Aa
7 (0.002)	-0.71±0.41 Ba	-2.56±0.15 Dab	-1.78±0.45 CDa	-2.56±0.48 BCab	-5.30±1.11 Cb	-2.91±0.70 Aab

* Aynı sütundaki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Tablo 3. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katılanmış kızartma yağlarına ait bulanıklık (NTU) değerleri

Gün/p-değeri	Kontrol	BHA:BHT	YCE	LPE	UCE	SGO
	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)
0 (0.000)	4.00±1.08 C*d**	7.50±1.55 Dcd	24.00±1.08 Ea	21.75±1.25 Ea	14.50±0.64 Fb	10.25±0.47 Fbc
1 (0.000)	19.25±2.78 Cbc	22.50±2.90 CDbc	43.75±3.20 Da	33.00±5.00 DEab	24.50±0.95 EFbc	18.25±2.56 EFc
2 (0.004)	19.75±3.84 Cb	32.50±2.72 Cab	50.25±1.75 Da	35.75±4.73 DEab	36.50±5.50 DEFab	28.00±2.48 DEab
3 (0.091)	41.00±4.81 Ba	36.50±3.40 Ca	54.50±1.32 Da	45.00±2.55 Da	43.00±7.36 CDEa	40.50±1.32 CDa
4 (0.022)	44.25±5.15 Bb	54.25±5.65 Bab	73.00±3.03 Ca	62.50±4.05 Cab	52.00±9.70 CDab	48.50±2.78 Cab
5 (0.000)	47.75±4.44 Bc	67.50±5.72 Bbc	88.50±1.44 Ba	74.25±3.20 BCab	65.75±5.88 BCbc	67.50±5.24 Bbc
6 (0.000)	56.75±5.72 ABc	87.50±2.96 Aab	97.75±4.63 Ba	88.25±3.35 Bab	88.00±2.48 ABab	79.75±2.29 Bb
7 (0.000)	76.00±3.85 Ac	102.75±2.06 Ab	120.50±3.23 Aa	120.75±4.07 Aa	107.25±1.75 Aab	96.75±3.40 Ab

* Aynı sütundaki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Tablo 4. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katılanmış kızartma yağlarına ait viskozite (cP) değerleri

Gün/p-değeri	Kontrol	BHA:BHT	YCE	LPE	UCE	SGO
	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)
0 (0.000)	74.89±1.06 C*a**	69.57±0.16 Ac	71.50±0.19 Abc	74.07±0.52 Fab	70.57±0.71 Ec	72.27±0.51 Dabc
1 (0.000)	75.35±0.68 Cb	82.45±1.40 Ba	84.00±0.62 Ba	86.95±0.35 Fa	83.20±1.43 Ea	81.90±1.85 Dab
2 (0.000)	79.20±0.44 Cc	96.18±2.73 BCab	98.15±1.26 BCab	102.05±1.55 EFa	101.53±3.20 DEab	92.15±2.31 CDb
3 (0.000)	85.63±2.15 Cb	117.20±6.73 BCDA	121.30±3.03 BCDA	126.50±6.49 DEa	107.75±3.87 DEa	107.75±3.26 CDa
4 (0.000)	94.32±5.13 BCb	146.90±9.34 CDa	149.13±5.39 CDa	158.93±3.80 CDa	148.55±6.72 CDa	132.22±7.16 BCDA
5 (0.000)	108.90±10.30 ABCb	188.80±18.40 CDa	188.60±4.43 CDa	190.30±11.10 Ca	192.57±8.930 Ca	163.90±10.40 BCa
6 (0.000)	137.30±18.30 Ab	232.20±24.40 Da	255.70±11.30 CDa	251.97±9.79 Ba	259.90±14.10 Ba	205.80±14.20 Bab
7 (0.001)	130.38±2.20 ABb	344.60±53.40 Da	442.00±66.30 Da	373.60±16.60 Aa	395.50±33.70 Aa	300.10±41.40 Aab

* Aynı sütundaki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Dumanlanma noktası, ısıtılan bir yağdan uçucu dekompozisyon ürünlerinin duman şeklinde ayrılması başladığı sıcaklık olarak tanımlanmaktadır. Bir yağın dumanlanma noktası yağın kompozisyonu ile yakından ilişkilidir. Serbest yağ asitleri daha fazla uçucu olmakla birlikte, mono- ve di-gliseritler trigliseritlere kıyasla daha az stabildir. Bu bakımdan, yağdaki bu bileşiklerin miktarı yağın dumanlanma noktasını da etkilemektedir [22]. Literatürde yerfıstığı yağının dumanlanma noktası 229.4°C olarak belirtilmiştir [11]. Bizim çalışmamızda ise taze yerfıstığı yağının dumanlanma noktası 233°C olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Dumanlanma noktasının kızartma süresince düzenli olarak azaldığı gözlenmiş ve

ölçülen değerlerdeki bu değişim tüm deneme gruplarında istatistiksel olarak da önemli ($p \leq 0.05$) bulunmuştur. Dumanlanma noktasındaki bu azalma kontrol grubunda belirgin düşüşler şeklinde ortaya çıkarken, muamele görmüş tüm deneme gruplarında kademeli bir azalma seyri izlemiştir. Kızartma Amacıyla Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Kontrol Kriterleri Tebliği'ne [23] göre kızartma amacıyla kullanılmakta olan yağların dumanlanma noktasının $\geq 170^\circ\text{C}$ olması gerekmektedir. Kontrol ve LPE ile katılanmış yağlar hariç diğer tüm gruplarda, 7. gün sonunda dahi dumanlanma noktası değerinin tebliğde belirtilen limit değerinin üzerinde kaldığı tespit edilmiştir. Önal ve Ergin

[22] tarafından yapılan bir çalışmada kanola yağıının oksidatif stabilitesi üzerine 200 ppm α -tokoferol ve 200 ppm askorbil palmitat ile katkılamının etkisi incelenmiştir. Dumanlanma noktası, L* değeri, iyot

değeri, C18:2/C16 yağ asitleri oranının kızartma süresi ile azaldığı, özellikle dumanlanma noktasının antioksidan ile katkılanmış yağlarda 170°C nin altına düşmediği rapor edilmiştir.

Tablo 5. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait dumanlanma noktası (°C) değerleri

Gün/p-değeri	Kontrol	BHA:BHT	YCE	LPE	UCE	SGO
	(p=0.007)	(p=0.007)	(p=0.000)	(p=0.006)	(p=0.001)	(p=0.001)
0 (0.625)	233.50±1.50 AB***	238.50±9.50 Aa	239.00±4.00 Aa	246.50±5.50 Aa	236.50±2.50 Aa	240.00±3.00 Aa
1 (0.603)	227.00±7.00 Aa	228.50± 10.50 ABa	226.00±4.00 ABa	207.00±14.00 ABa	217.00±9.00 ABa	214.00±1.00 ABa
2 (0.617)	221.00±7.00 ABa	207.90±15.10 ABCa	205.50±4.50 BCa	204.70±12.30 ABa	196.55±7.45 BCa	208.50±1.50 ABCa
3 (0.680)	207.80±11.30 ABCa	195.90±3.70 ABCa	196.30±3.40 CDa	193.70±10.30 Ba	193.05±6.15 BCa	202.40±3.60 BCa
4 (0.696)	197.50±13.50 ABCa	190.45±4.65 ABCa	189.35±1.85 CDa	188.30±8.00 Ba	181.25±5.85 BCa	194.75±2.15 BCa
5 (0.868)	185.05±8.55 ABCa	187.85±4.75 BCa	179.80±5.60 CDa	183.20±5.80 Ba	175.55±7.05 Ca	184.50±10.90 BCa
6 (0.824)	179.90±12.00 BCa	183.80±5.60 BCa	174.20±3.80 Da	169.75±8.05 Ba	173.40±8.30 Ca	178.75±7.35 Ca
7 (0.976)	169.60±4.60 Ca	173.50±8.70 Ca	172.00±8.50 Da	168.35±7.65 Ba	170.70±7.60 Ca	176.30±8.30 Ca

*Aynı sütündeki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Kızartma yağlarındaki polar maddeler, oksidasyon, kondensasyon, piroliz ve hidroliz ürünlerini içine alan geniş bir sınıftır. Yemeklik yağların toplam polar madde (TPM) içeriği kızartma yağı kalitesindeki değişimin izlenmesinde ve toplam degradasyonun değerlendirilmesinde güvenilir bir ölçüt olarak kabul edilmektedir [24]. Literatürünün hemen hemen tamamında, toplam polar madde miktarının kızartma zamanıyla artış gösterdiği rapor edilmiştir. Yağın kullanım ömrünün hızla azalmasında ve kızartılan gıdanın daha fazla yağ absorbe etmesinde toplam polar maddelerin çok önemli bir etken olduğu açıklanmıştır [25]. Yapılan bir çalışmada, yarıstığı yağının 20 saat ve ayçiçeği yağının ise 35 saat kızartma işleminden sonra TPM açısından atılacak seviyeye ulaştığı rapor edilmiştir

[26]. Kızartma başlangıcında kontrole kıyasla sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarının daha yüksek polar madde içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. Bu durum bitkisel ekstraktların içindeki etken maddelerin kimyasal olarak polar karakterlerde olmasıyla ile açıklanabilmektedir. Kızartma bitiminde yapılan ölçümlerde en düşük sonucu kontrol grubunda sağlandığı, en yüksek polar madde içeriğinin ise UCE ile katkılanmış yağlardan alındığı göze çarpmaktadır. Muamele görmüş kızartma yağları arasında yapılan değerlendirmede, doğal antioksidanların sentetik antioksidanlara yakın bir performans sergilediği gözlenmiştir (Tablo 6). Dolayısıyla, doğal antioksidan ekstraktlarının, güvenle kullanılabileceği ortaya çıkmıştır.

Tablo 6. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarına ait toplam polar madde (%) değerleri

Gün/p-değeri	Kontrol	BHA:BHT	YCE	LPE	UCE	SGO
	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)	(p=0.000)
0 (0.000)	14.52±1.90 D*b**	18.40±1.20 Ea	16.25±1.40 Ha	15.10±1.80 Hb	17.30±3.10 Ha	16.55±2.80 Fa
1 (0.000)	18.75±0.32 Db	22.25±0.88 Ea	22.62±0.42 Ga	23.50±0.73 Ga	23.50±0.45 Ga	22.87±0.31 Fa
2 (0.000)	21.87±0.96 CDc	29.50±0.93 Eb	30.25±0.32 Fab	32.00±1.31 Fab	34.00±0.73 Fa	31.00±1.02 EFab
3 (0.000)	26.75±2.03 CDb	39.25±1.16 Da	38.75±0.59 Ea	40.75±1.45 Ea	44.25±1.16 Ea	40.25±1.16 DEa
4 (0.000)	32.13±3.54 BCDb	47.75±2.31 Da	47.75±0.32 Da	49.50±1.59 Da	52.37±0.96 Da	46.75±0.87 Da
5 (0.000)	39.25±4.91 ABCb	57.75±2.31 Ca	56.75±0.32 Ca	60.00±1.59 Ca	62.50±0.73 Ca	57.75±2.03 Ca
6 (0.000)	48.25±6.64 ABb	67.50±2.46 Ba	66.75±0.32 Ba	71.50±1.31 Ba	75.25±0.87 Ba	67.50±3.03 Ba
7 (0.000)	53.13±5.72 Ab	78.25±2.60 Aa	80.87±0.82 Aa	84.50±1.31 Aa	88.50±1.02 Aa	82.75±3.76 Aa

*Aynı sütündeki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Tablo 7'de kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarında kızartılan hamurların absorbe ettiği yağ miktarları verilmiştir. Deneme grupları arasında yapılan değerlendirmede sadece LPE ve SGO ile katkılanmış kızartma yağlarının istatistiksel olarak önemli (p<0.05) olduğu tespit edilmiştir. Sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılamının hamurlar

tarafından emilen yağ miktarı üzerine önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. 7. gün sonunda yapılan değerlendirmede en düşük yağ içeriğinin SGO ile katkılanmış, en yüksek yağ içeriğinin ise YCE ile katkılanmış kızartma yağlarında bulunduğu belirlenmiştir.

Tablo 7. Kontrol, sentetik ve doğal antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağlarında kızartılan hamurların absorbe ettiği yağ miktarı (%)

Gün/p-değeri	Kontrol	BHA:BHT	YCE	LPE	UCE	SGO
	(p=0.147)	(p=0.520)	(p=0.064)	(p=0.007)	(p=0.544)	(p=0.000)
1 (0.029)	14.22±0.51 A*a**	9.87±0.87 Aab	7.83±0.78 Ab	8.80±1.19 Aab	7.13±2.38 Ab	7.62±0.44 Ab
2 (0.574)	8.98±5.52 Aa	8.81±0.17 Aa	7.32±0.20 Aa	6.68±0.83 Aba	6.20±0.49 Aa	6.28±0.44 Aba
3 (0.300)	7.07±2.58 Aa	8.11±0.16 Aa	7.49±0.10 Aa	6.84±1.19 Aba	6.16±0.52 Aa	6.24±0.40 Aba
4 (0.297)	5.38±0.03 Aa	8.01±0.45 Aa	6.25±1.42 Aa	6.72±0.20 Aba	5.98±0.54 Aa	5.77±1.18 Aba
5 (0.000)	4.85±0.32 Aa	7.77±0.09 Aa	5.52±0.60 Ab	4.40±0.31 Bb	5.59±0.72 Ab	5.14±0.06 Bcb
6 (0.002)	4.78±0.07 Ab	7.70±0.08 Aa	6.03±0.22 Aab	4.10±0.33 Bb	4.42±0.26 Ab	4.88±0.70 Bcb
7 (0.108)	4.37±0.38 Aa	7.30±0.01 Aa	8.42±1.39 Aa	5.66±1.87 Aba	4.88±1.70 Aa	3.62±0.09 Ca

*Aynı sütündeki büyük harfler her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin kızartma günlerinde karşılaştırılmalarını göstermektedir.

** Aynı satırdaki küçük harfler ise her bir yağ örneğinde ölçülen değerlerin aynı kızartma günlerinde farklı gruplar arasındaki karşılaştırılmalarını göstermektedir.

Kızartma yağlarının değerlendirilmesi için önemli indikatörler olan toplam polar madde, dumanlanma

noktası, renk, viskozite ve bulanıklık değerlerinin tüm deneme gruplarında farklılıklar gösterdiği ve doğal

antioksidanlarla katkılamının yağın kullanım ömrünü artırdığı ortaya çıkarılmıştır. Genel olarak ele alındığında, dumanlanma noktasının sentetik antioksidanlarla katkılanmış kızartma yağları dışında toplam polar madde, bulanıklık ve viskozite gibi değeri kızartma süresince artan parametrelerle negatif korelasyon içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Dumanlanma noktasının pozitif korelasyon gösterdiği tek parametre ise hamurların absorbe ettiği yağ miktarı olarak belirlenmiştir. Burada ayrı olarak her bir deneme grubu için korelasyon tabloları sayfa sınırından dolayı verilmemiştir.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, yağda bozunma ürünleri biriktikçe, dumanlanma kolaylaşmaktadır. Benzer şekilde yağda çoğunluğu polar olan bozunma ürünleri arttıkça yağın kızartılan gıdalla teması artmakta ve gıdanın yağ emilimi dolayısıyla artmaktadır [25, 27]. Kızartma yağlarının kalitelerinin değerlendirilmesinde iki önemli fiziksel unsur olan bulanıklık ve viskozite değerlerinin tüm deneme gruplarında kendi aralarında pozitif korelasyon sergilediği de belirlenmiştir. Yağda biriken bozunma ürünleriyle (polar maddeler, oksidasyon ürünleri, dimerler ve polimerler) yağın viskozitesinin yükseldiği daha önce rapor edilmiştir [28]. Bu iki parametre ayrıca toplam polar madde ile pozitif korelasyon göstermiş olmasına rağmen dumanlanma noktası ve hamurların absorbe ettiği yağ miktarı ile negatif korelasyon göstermiştir. Burada belirlenen korelasyonlar laboratuvarımızda daha önce yapılmış çalışmalarla ve yayınlanmış literatürle uyumlu bulunmuştur [18, 29]. Bu çalışmada ayrıca kızartma yağlarının bozunma süresinin takibinde proba hızlı toplam polar madde ölçümü, bulanıklık ölçümü ve viskozite ölçümü gibi basit, ucuz ve hızlı ölçüm tekniklerinin de yeterli bilgiyi sağlayabildiği ve daha pahalı, zaman alıcı bazı kimyasal analizlerin yerine kullanılabilceği gösterilmiştir.

SONUÇLAR

Sentetik ve doğal antioksidanların yerfıstığı yağına katkılamasının yağın fiziksel özellikleri üzerine olan etkilerinin çeşitli analitik tekniklerle incelendiği bu çalışmada, özellikle SGO ün kızartma yağlarının fiziksel özelliklerinin korunması bakımından üstün nitelikte olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu maddenin GRAS özellikte olması da kullanımı açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Benzer şekilde diğer bitkisel kökenli ekstraktlarda, yaygın kullanılan sentetik antioksidanlar ile katkılamaya yakın bir performans sergilemiştir. Sonuç olarak, kızartma yağlarının bu doğal antioksidanlar ile güvenli bir şekilde zenginleştirilebileceği gösterilmiştir. Böylece hem yağın kullanım ömrünün artacağı hem de kızartılan gıdaların daha kaliteli ve sağlıklı olabileceği değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Gupta, M.K., 2005. Frying Oils. In Bailey's Industrial Oil And Fat Products, Edible Oil and Fat Products: Products and Applications (6th ed., Vol. 4), Edited by F. Shahidi, Wiley Interscience Publication, New York, pp 1-31.

[2] Shahidi, F., Zhong, Y., 2005. Lipid Oxidation: Measurement Methods. In: Bailey's Industrial Oil And Fat Products, Edible Oil and Fat Products: Products and Applications (6th ed., Vol.1), Edited by F. Shahidi, Wiley Interscience Publication, New York, pp 357-385.

[3] O'Brien, R., 2004. Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications (2nd ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida.

[4] Gertz, C., Klostermann, S., Kochhar S.P., 2000. Testing and comparing oxidative stability of vegetable oils and fats at frying temperature. *Eur. J. Lipid Sci. Technology* 102: 543-551.

[5] Farag, R.S., Basuny, A.M.M., Arafat, S.M., Arafa, S.A., 2009. Use of some agricultural waste hull ashes for the regeneration of fried sunflower oil. *International Journal of Food Science and Technology* 44: 1850-1856.

[6] Andrikopoulos, N.K., Salta, F.N., Mylona, A., Kalogeropoulos, N., Chiou, A., Ntalla, I., 2007. Retention and distribution of polyphenols after pan-frying of french fries in oils enriched with olive leaf extract. *Journal of Food Science* 72:574-584.

[7] Chu, Y.H., Hsu, H.F., 1998. Effects of antioxidants on peanut oil stability. *Food Chemistry* 66: 29-34.

[8] Shaker E.S. 2005. Antioxidative effect of extracts from red grape seed and peel on lipid oxidation in oils of sunflower. *LWT-Food Science and Technology* 39: 883-892.

[9] Chotimarkorn, C., Benjakul, S., Silalai, N., 2008. Antioxidative effects of rice bran extracts on refined tuna oil during storage. *Food Research International* 41: 616-622.

[10] Aydeniz, B., Yılmaz, E., 2011. Enrichment of some plant phenolic extracts into frying oil to extent use life. *Eur. J. Lipid Sci. Technology* 114(8): 933-941.

[11] Sanders, T.H., 2002. Groundnut (peanut) oil. In: Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties, and Uses, (Chapter 3), Edited by F.D. Gunstone, CRC Press, Blackwell Publishing, pp 231-232.

[12] Pagliarini, E., Rastelli, C., 1994. Sensory and instrumental assessment of olive oil appearance. *Grasas Y Aceites* 45: 1-2.

[13] Bozdoğan, D., 2002. Hatay'da Üretilen Natürel Zeytinyağlarının Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antakya.

[14] AOCS, 1998. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. AOCS-Methods Cc 9a-48, Smoke, Flash, and Fire Point-Cleveland Open Cup Method.

[15] AOAC, 1984. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. AOAC-Methods 920.39, Crude Fat and Oil.

[16] Codex Alimentarius Commission, 1995. General standard of food additives, GSFA (CODEXSTAN192-1995).

[17] Mittal, G.S., Paul, S., 1996. Dynamics of fat/oil degradation during frying based on optical properties. *Journal of Food Engineering* 30: 389-403.

- [18] Dulger, A., Yılmaz, E., 2013. Effectiveness of modified zeolites as adsorbent materials for frying oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* 115 (6): 668–675.
- [19] Al-Harbi, M.M., Al-Kabtani, H.A., 1993. Chemical and biologic evaluation of discarded frying palm oil commercial restaurants. *Food Chemistry* 48: 395-401.
- [20] Chatzilazarou, A., Gortzi, O., Lalas, S., Zoidis, E., Tsaknis, J., 2006. Physicochemical changes of olive oil and selected vegetable oils during frying. *Journal of Food Lipids* 13: 27-35.
- [21] Jaswir, I., Che-Man, Y.B., Kitts D.D., 2000. Use of natural antioxidants in refined palm olein during repeated deep-fat frying. *Food Research International* 33:501-508.
- [22] Önal, B., Ergin, G., 2002. Antioxidative effects of α -tocopherol and ascorbyl palmitate on thermal oxidation of canola oil. *Nahrung/Food* 46(6): 420 – 426.
- [23] Türk Gıda Kodeksi, 2007. Kızartma Amacıyla Kullanılan Katı Ve Sıvı Yağların Kontrol Kriterleri Tebliği (Tebliğ No: 2007/41) Resmi Gazete sayı: 26627, Ankara.
- [24] Aladedunye, F.A., Przybylski, R., 2009. Degradation and nutritional quality changes of oil during frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 86: 149-156.
- [25] Choe, E., Min, D.B., 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science* 72(5): 77-84.
- [26] Rossell, J.B., 2001. Frying - Improving Quality. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
- [27] Blumenthal, M.M., 1991. A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying. *Food Technology* 45(2): 68-71.
- [28] Paul, S., Mittal, G.S., 1997. Regulating the use of degraded oil/fat in deep-fat/oil food frying. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 37(7): 635-662.
- [29] Bulut, E., 2009. Kızartma Yağlarına Uygulanan Yeni Adsorben Karışımının Etkenliğinin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale.