

Özgün Araştırma/Original Article

Tulumba ve lokma hamurunun kızartılmasında kullanılan kızartma yağının incelenmesi

An investigation on the frying oil used in frying of tulumba and lokma dough

Nazmiye Nur Çelik¹, Hasan Yalçın^{2*}

^{1,2}Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye

ORCID ID: 0009-0004-4167-9168, Yüksek Lisans Öğr.

ORCID ID: 0000-0002-1038-1877, Prof. Dr.

*Sorumlu yazar/Corresponding author: hyalcin@erciyes.edu.tr

Geliş Tarihi : 02.03.2023

Kabul Tarihi : 08.06.2023

Öz

Amaç: Lokma ve tulumba hamurunun kızartma işlemi yüksek sıcaklıklarda gerçekleştiği için yağda istenmeyen değişimler meydana gelebilmektedir. Oksidasyon, hidroliz ve polimerizasyon reaksiyonları sonucu yağ kalitesi düşer ve belli bir süre sonra yağ kullanılamaz hâle gelir. Bu çalışmanın amacı; tekrarlı kızartmalar sonucunda, lokma ve tulumba hamuru kızartılan yağın bozulma derecesinin belirlenmesidir.

Materyal ve yöntem: Hazırlanan hamurlar ayçiçek yağında 160-170°C'de 14 dk. kızartılmış ve yağ değiştirilmeden veya yağa ekleme yapılmadan aynı yağda kızartma işlemi 21 kez tekrarlanmıştır. Tekrarlanan kızartmalar sırasında, 3., 9., 15. ve 21. kızartma sonrasında, kızartma yağından örnekler alınmış ve incelenmiştir. Kızartma yağında; yağ asidi kompozisyonuna, serbest yağ asitliğine (FFA), peroksit değerine (PV), p-Anisidin değerine, özgül soğurma değerine, toplam polar madde miktarına, renk ve viskozite değerine bakılmıştır. Sonuçlar hem ayrı ayrı değerlendirilmiş hem de tulumba ve lokma hamuru kızartma yağları arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Tartışma ve sonuç: Elde edilen sonuçlara göre hamur kızartılan yağlarda hidroliz, oksidasyon ve polimerizasyon meydana gelmiş ve kızartma sayısı arttıkça analiz edilen değerlerde artış tespit edilmiştir. Tulumba ve lokma hamuru kızartılan yağlarda, 21. kızartma sonunda serbest yağ asidi içeriği sırasıyla %0,71 ve %0,36; peroksit değerleri 8,62 ve 9,77 meq O₂/kg; p-Anisidin değerleri 85,24 ve 124,45 meq/kg; konjuge dien değerleri 12,57 ve 18,61 mmol/L; konjuge trien değerleri 5,9 ve 4,86 mmol/L; polar madde miktarları ise %9,75 ve %11,5 olarak bulunmuştur. Hidroliz reaksiyonları, tulumba hamurundaki su miktarının fazla olması nedeniyle en çok tulumba hamuru kızartılan yağda meydana gelirken, oksidasyon reaksiyonları lokma hamuru kızartılan yağda görülmüştür. Tulumba hamurunda bulunan yumurtanın, oksidasyonu azaltıcı etki gösterdiği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Lokma; tulumba, hamur kızartması; derin kızartma; yağ analizleri

Abstract

Objective: Undesirable changes may occur in frying oil, as the frying process of lokma and tulumba dough takes place at high temperatures. As a result of oxidation, hydrolysis and polymerization reactions, frying oil quality decreases and oil becomes unusable after a certain period of time. The aim of this study is the determination of the degree of deterioration of the frying oil as a result of repeated frying.

Materials and methods: Prepared doughs were fried in sunflower oil at 160-170°C for 14 minutes and frying was repeated 21 times in the same oil without changing or adding. During repeated frying, the oil samples were taken, after the 3rd, 9th, 15th and 21st frying and examined. Fatty acid composition, free fatty acidity (FFA), peroxide value (PV), p-Anisidine value, specific absorption value, total polar substance amount, color and viscosity analysis were examined. The results were evaluated separately, and a comparison was made between the frying oils of tulumba and lokma doughs.

Discussion and results: According to the results, hydrolysis, oxidation and polymerization occurred in the frying oils and as the number of frying increased, the analyzed values increased. Free fatty acid content at the end of 21st frying was 0.71% and 0.36%, respectively, in the frying oil of tulumba and donut dough; peroxide values 8.62 and 9.77 meq O₂/kg; p-Anisidine values of 85.24 and 124.45 meq/kg; conjugated diene values 12.57 and 18.61 mmol/L; conjugated triene values 5.9 and 4.86 mmol/L; the polar substance amounts were found to be 9.75% and 11.5%. While the hydrolysis reactions occurred mostly in the frying oil of tulumba dough, the oxidation reactions were observed in the oil in which the lokma dough was fried. The high amount of water in the tulumba dough increased the hydrolysis event. It is thought that the egg contained in the tulumba dough has an oxidation-reducing effect.

Keywords: Lokma; tulumba; fried dough; deep frying; oil analysis

1. Giriş

Türk toplumunun oldukça geniş bir coğrafyada hüküm sürmesi ve çeşitli kültürler ile kültürel etkileşimlerde bulunması Türk mutfağının bugünkü zengin içeriğine kavuşmasında önemli bir rol oynamıştır (Kasar, 2021). Türk tatlıları da bu zengin mutfak içinde yerini almıştır. Lokma, tarihi Osmanlı Devleti'ne kadar dayanan geleneksel şerbetli tatlılardan biridir. Hamurun mayalandırılıp derin yağda kızartılması ve daha sonra koyu kıvamlı şerbetin içine daldırılması şeklinde hazırlanır. Türkiye'de genel olarak iki şekilde yapılır; birincisi küçük küre şeklinde yapılan saray lokması ikincisi ise yuvarlak ve ortası delik olacak şekilde yapılan İzmir lokmasıdır. Özellikle cenazeler, sünnet düğünleri, Ramazan bayramı, Kadir gecesi gibi özel günlerde lokma yapılır ve dağıtılır (Sevimli, 2017). Tulumba tatlısı da Türk toplumunun sık ve severek tükettiği oldukça eski ve geleneksel tatlılardan biridir. Hamurun kızgın yağda kızartılması ve koyu kıvamlı şerbete daldırılmasıyla hazırlanır (Doğan ve Yurt, 2002).

1600'lü yıllardan bu yana gıdaların pişirilmesinde kızartma işlemi kullanılmaktadır (Sun, 2009). Kızartma, gıdaların tadını, rengini, dokusunu ve lezzetini istenilen yönde etkilemesi sebebiyle sık tercih edilen pişirme yöntemlerindedir. Ürünlerin kızartılması için derin yağda kızartma ya da az yağda (sığ) kızartma işlemleri tercih edilmektedir (Rossell, 2001). Kızartma 150-190°C sıcaklıkta bir yağda gıdanın pişirilmesi işlemidir (Choe ve Min, 2007). İşlem sırasında gıdada bulunan su buharlaşır ve buharlaşan su moleküllerinin yerini yağ molekülleri alır. Böylece gıda arzu edilen duyuşal özelliklere sahip olur (Farkas vd., 1996; Mellema, 2003). Gıdaların kızartılmasında genel olarak iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Birinci yöntem sığ kızartmadır ki bu yöntemde gıda, ince bir yağ tabakasında, ısının kondüksiyonu (iletim) sayesinde pişer (Ceylan, 2020). İkinci bir yöntem ise derin yağda kızartmadır. Derin yağda kızartma işlemi yüksek sıcaklıklara ısıtılmış kızartma yağına, gıda maddesinin daldırılarak pişirilmesidir (Çelik, 2020). Kızartma işlemi sırasında meydana gelen ısı ve kütle transferi; nem kaybı, yağ emilimi, kabuk oluşumu, protein denatürasyonu, nişasta jelatinizasyonu, Maillard reaksiyonu, oksidasyon, hidroliz ve polimerizasyon gibi birçok fiziksel ve kimyasal tepkimeleri meydana getirmektedir (Saguy ve Dana, 2001). Kızartma ortamında bulunan oksijen, su ve buhar; kızartma yağı ve ürün arasında reaksiyonların başlamasına sebep olur. Kızartılan ürünün tekstüründe, renginde ve aromasında arzu edilen fiziksel değişimler meydana gelirken kimyasal olarak da gıdanın besin değerinde (protein, vitamin, mineral vb.) azalmalar

meydana gelebilir. Bununla birlikte gıdalar genelde kızartılırken yağ absorbe ettikleri için yağ içeriklerinde artış görülür (Rakıcıoğlu ve Baysal, 1988).

Tüketilen aşırı yağın, çeşitli hastalıklara (koroner kalp hastalığı, meme, prostat, kolon kanseri) sebep olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Bouchon vd., 2003). Aşırı yağ tüketiminin yüksek tansiyon, kan kolesterolü ve koroner kalp hastalığı risklerini artırdığı da yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Oke vd., 2018). Kızartma işlemi sırasında meydana gelen hidroliz, oksidasyon ve polimerizasyon reaksiyonları yağların bozulmasına sebep olur. Bozulan yağlarda meydana gelen bileşikler insan sağlığı için oldukça zararlıdır (Wiege vd., 2020). Özellikle kızartma işleminin çok yüksek sıcaklıklarda yapılması ve kızartma yağının tekrar tekrar kullanılması toksik bileşik oluşumunu artırır. Toksik bileşikler kızartma sırasında yağda ve gıdada oluşmaktadır (Saguy ve Dana, 2001). Yüksek sıcaklıklarda yapılan kızartma işlemleri sonucunda yağlarda serbest yağ asitleri, mono ve diasilgliseroller, oksitlenmiş monomerler, dimerler ve polimerler gibi ürünler oluşur ve bu ürünler kızartma işlemi sırasında kızartma yağından gıdaya geçer. Ayrıca kızartma işlemi sırasında kızartma yağında trans yağ asitleri de meydana gelir ki trans yağ asitlerinin tüketilmesi sağlık için zararlıdır. Trans yağ asitleri; diyabet, kalp rahatsızlıkları, kalın bağırsak kanseri gibi hastalıklara sebep olur (Yüksel ve Yüksel, 2020). Ayrıca kızartma yağında meydana gelen polar bileşikler ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) da sağlık açısından tehlikelidir. Toplam polar bileşikler esas olarak keton, aldehit ve polimerleri içerir. Bazı PAH'ların (Benzo(a)piren, Benzo(a)antrasen, Benzo(b)fluoranten, Krisen vs.) insanlarda kanserojen ve mutajen etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (An vd., 2017). Özellikle patates gibi nişastalı ürünlerin 170°C'den yüksek sıcaklıklarda kızartılmasının akrilamid oluşumuna sebep olduğu bildirilmiştir. Akrilamidin insan sağlığı üzerine mutajenik ve kanserojenik etkileri vardır. Proteince zengin gıdalar kızartılırken heterosiklik aminler meydana gelir. Bu heterosiklik aminlerin de insan sağlığı üzerine kanserojenik etkisi vardır (Yaşkıran, 2020). Bu yüzden yağda kızartılarak hazırlanan ürünler üretilirken kullanılan yağların bozulmuşluk dereceleri de önem arz etmektedir. Bu çalışmada geleneksel Türk mutfağı tatlılarından olan lokma ve tulumba tatlısının kızartılması sırasında yağda meydana gelen değişimlerin incelenmesi hedeflenmektedir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Lokma hamurunun hazırlanması

100 g un, 1,75 g şeker ve 10 g mayanın üzerine 35-40°C sıcaklığında 100 mL su ilave edilmiş ve 10 dk. çırpılmıştır. Homojen bir hamur elde edildikten sonra fermentasyon için oda sıcaklığında 30 dk. bekletilmiştir (Tümer, 2017).

2.2. Tulumba hamurunun hazırlanması

150 mL su kaynatıldıktan sonra kısık ateşte 100 g un eklenerek 90 sn. hızlıca karıştırılmıştır. Daha sonra yapışmasını engellemek için 10 g yağ eklenmiş ve 7,5 dk. pişirilmiştir. Hamur ateşten alınıp 40-45°C sıcaklığa ulaşıncaya 1 adet yumurta ilave edilip tamamen karışana kadar yoğurulmuştur. Hamur sıcaklığı 30°C'ye düşüncaya kalıba doldurulmuştur (Doğan ve Yurt, 2002).

2.3. Kızartma işlemi

Lokma ve tulumba hamuru hazırlamak için kullanılacak malzemeler ve miktarları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgede belirtilen un, yumurta, maya, şeker ve ayçiçek yağı yerel marketlerden temin edilmiştir. Kullanılan fritözün hacmi 0,8 litredir.

Çizelge 1. Lokma ve tulumba hamuru bileşenleri

	Lokma hamuru bileşenleri	Tulumba hamuru bileşenleri
Un	100 g	100 g
Su	100 mL	150 mL
Şeker	1,75 g	-
Maya	10 g	-
Ayçiçek yağı	-	10 g
Yumurta	-	1 adet

Lokma hamurunun kızartılması için fritöz içerisindeki ayçiçek yağı (0,8 L) 160-170°C arasında ısıtılmış ve çay kaşığı ile hamurdan alınan parçalar kızgın yağa bırakılmıştır. Fritözün kapağı kapatılıp 7 dk. kızartıldıktan sonra lokmalar karıştırılarak diğer yüzeyleri de 7 dk. kızartılmış ve lokmalar fritözden alınmıştır. Her seferde 10 tane lokma hamuru kızartılmış olup, kızartma işlemi 21 kez tekrarlanmıştır. Her kızartma sonrası yağın oda sıcaklığına kadar soğuması beklenmiştir. Yağ örnekleri 3., 9., 15. ve 21. kızartma sonrasında alınmıştır.

Tulumba hamurunun kızartılması için fritöz içerisindeki ayçiçek yağı (0,8 L) 160-170°C arasında ısıtılmıştır. Hamurlar 3-3,5 cm uzunluğunda kesilip kızgın yağa bırakılmıştır. Fritözün kapağı kapatılarak 7 dk. kızartılmış, süre sonunda kapak açılarak tulumbarın diğer yüzleri çevrilmiştir. Tulumbarlar 7 dk. daha kızartıldıktan sonra fritözden alınmıştır. Her seferinde 15 tane

tulumba kızartılmış olup, kızartma işlemi 21 kez tekrarlanmıştır. Her kızartma sonrası yağın oda sıcaklığına kadar soğuması beklenmiştir. Yağ örnekleri 3., 9., 15. ve 21. kızartma sonrasında alınmıştır.

Kontrol yağ örneği; aynı parametrelerde, içinde tulumba veya lokma hamuru kızartılmadan, aynı sıcaklık ve sürede ısıtılmış ayçiçek yağıdır. Aynı şekilde 3., 9., 15. ve 21. kızartma sonrası yağ örnekleri alınmıştır. Kızartma işlemi boyunca fritöze yağ eklemesi yapılmamıştır. Alınan yağ örnekleri ağız kapaklı cam şişelerde oda sıcaklığına soğutulduktan sonra, analizler için +4°C'de muhafaza edilmiştir.

2.4. Yağ analizleri

2.4.1. Viskozite ölçümü

Viskozite analizi, (AND Vibro Viscometer, A&D Company Limited, Japonya) yağ örnekleri oda sıcaklığında yaklaşık 24°C'de olacak şekilde titreşimli viskozimetre cihazı (SV-10) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 50-60 Hz titreşim frekansında, standart uç kullanılarak ölçüm yapılmıştır. Her bir örnek okuması beş kez tekrarlanıp sonuçların ortalaması alınmıştır.

2.4.2. Serbest yağ asidi içeriği

Kızartma yağında serbest yağ asitliğinin belirlenmesinde IUPAC 2.201 sayılı metot kullanılmıştır (Anonim, 1987). Analiz için yağ numunesinden 0,01 g duyarlılıkta 5-10 g yağ tartılmıştır. Üzerine 50-100 mL etanol-dietileter (1:1, v/v) karışımı eklenmiştir. Yağın etanol-dietileterde tamamen çözünmesi için yaklaşık 1 dk. çalkalanmış ve %1'lik fenolftalein damlatılmıştır. 0,1 N etanollü potasyum hidroksit (KOH) çözeltisi ile pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiş ve aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Serbest Yağ Asitliği} = (V \times T \times Ma) / m$$

V: Harcanan 0,1 N etanollü KOH çözeltisi, mL

T: Etanollü KOH çözeltisinin normalitesi

Ma: Oleik asitin molekül ağırlığı

m: Örnek ağırlığı (g)

2.4.3. Peroksit değeri

Peroksit sayısının belirlenmesinde AOAC (2000) metodu uygulanmıştır. Erlenlere tartılan 2 g yağ örneği üzerine 10 mL kloroform ilave edilerek hızla çalkalanmış ve yağın çözünmesi sağlanmıştır. Daha sonra 15 mL asetik asit ve 1 mL doymuş potasyum iyodür (KI) çözeltisi katılmasının ardından, kapakları kapatılan erlenler 1 dk.

çalkalanıp 10 dk. karanlıkta bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda 75 mL distile su ve 1 mL nişasta çözeltisi ilave edilen örnek, 0,01 N sodyum tiyosülfat ile (kloroform fazındaki iyot tamamen yok oluncaya kadar) titre edilmiş ve harcanan tiyosülfat miktarı kaydedilmiştir. Serbest hale geçen iyot, nişasta çözeltisine karşı beklenen peroksit sayısı 12,5'ten az ise 0,002 N, 12,5 veya daha fazla ise 0,01 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiş ve aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Peroksit sayısı: } \frac{V \times T \times 1000}{m} \text{ meq g O}_2/\text{kg}$$

V: Harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisi, mL

T: Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi

m: örnek ağırlığı (g)

2.4.4. *p*-Anisidin değeri

Alınan yağ örneklerinin *p*-Anisidin değerlerinin belirlenmesinde AOAC (1998) Cd 18-90 numaralı metot uygulanmıştır. *p*-Anisidin değerinin belirlenmesi amacıyla 25 mL hacmindeki balon jöjeye 0,5 g yağ tartılmış ve izooktan çözeltisi ile hacim tamamlanarak yağ çözdürülmüştür. Bu karışımdan 5 mL alınarak üzerine 1 mL *p*-Anisidin çözeltisi (0,25 g/100 mL glasiyel asetik asit) ilave edilmiş ve 10 dk. karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda spektrofotometrede (UV 160A, Shimadzu, Japonya) 350 nm'de izooktan çözeltisine karşı absorbans değeri belirlenmiştir.

Aşağıdaki formüle göre *p*-Anisidin değeri hesaplanmıştır:

$$p\text{-Anisidin değeri} = 25 \times (1,2 \times (A_2 - A_1)) / m$$

A1: İzooktan ile hazırlanmış olan solüsyonun absorbans değeri

A2: *p*-Anisidin ile hazırlanmış olan solüsyonun absorbans değeri

m: Örnek ağırlığı (g)

2.4.5. Özgül soğurma değeri

Özgül soğurma değerlerinin belirlenmesi için AOCS (2003) Ch 5-91 metodu kullanılmıştır. Analiz için 50 mL'lik balon jöjelere yağ numunesinden 0,05 g tartılıp hekzan ile hacim tamamlanmıştır. Spektrofotometrede (UV 160A, Shimadzu, Japonya) ikincil ürünler için 232 nm dalga boyunda, üçüncül ürünler için 270 nm dalga boyunda, hekzana karşı absorbans değeri belirlenmiştir.

Aşağıdaki formüle göre konjuge dien ve trien değerleri hesaplanmıştır:

$$\text{Özgül soğurma değeri} = A / (m \times 2)$$

A: Absorbans değeri

m: Örnek ağırlığı (g)

2.4.6. Toplam polar madde içeriği (TPM)

Kızartma yağı örneklerinin toplam polar madde miktarı polarimetre (Testo 270 Lenzkirch, Almanya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Polarimetre kullanılmadan önce 40°C'de tampon çözelti (3,9 %TPM) ile kalibre edilmiştir.

2.4.7. Yağ asitleri kompozisyonu

Yağ örneklerinin yağ asitleri kompozisyonu analizi, AOCS (2007) Ce 1j-07 numaralı metot kullanılarak yapılmıştır. Analiz için örneklerden 0,1 g cam tüplere tartılmış, 3 mL hekzan eklenerek vortekste (Elektromag, M16) çalkalanmıştır. 100 µL 2 N metanollü KOH (Merck, Darmstadt, Almanya) çözeltisi eklenmiş ve tekrar vortekslenmiştir. Elde edilen karışım beş dakika 6000 rpm'de santrifüj (Gerber Santrifüj, Bilser, 3998, Türkiye) edilmiştir. Yağ asitleri tanımlamaları bilinen standartla (Spelco 37 Component FAME Mix, Sigma, Aldrich, ABD) karşılaştırılarak, Agilent 6890 Gaz Kromatografisi cihazında, % olarak belirlenmiştir.

2.5. İstatistiksel analiz

Yapılan analizlerin sonuçlarının değerlendirilmesi için MINITAB (2000) paket programı kullanılmıştır. Lokma ve tulumba hamuru kızartılan yağların bozulma dereceleri ANOVA çift yönlü varyans analizi tekniği ile tespit edilmiştir. Örnekler arası farklılıkların tespiti ise ($p < 0,05$) Tukey çoklu karşılaştırma yöntemi ile yapılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Kızartmada kullanılan ayçiçek yağına ait genel parametreler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Taze ayçiçeği yağının analiz sonuçları

Parametreler	Ayçiçek yağı
Viskozite (Pa.s)	73,29±0,001
Serbest yağ asidi (%)	0,18±0,01
Peroksit değeri (PV, meq g O ₂ /kg)	4,25±0,19
<i>p</i> -Anisidin	5,85±0,10
% TPM	2,00±0,00
Palmitik asit (C _{16:0})	4,96±0,32
Stearik asit (C _{18:0})	2,56±0,78
Oleik asit (C _{18:1})	34,45±0,18
Transoleik asit (C _{18:1})	Tespit edilemedi
Linoleik asit (C _{18:2})	59,02±0,96

Viskozite; yağ tipine, yağ asidi uzunluğuna ve yağdaki polimerizasyon seviyesine bağlı olarak ısı işlem süresi arttıkça zamanla artış gösterir. Kızartma sırasında yağda meydana gelen oligomer moleküllerin artışı viskozitenin artışına sebebiyet

verir (Wiege vd., 2020). Yaptığımız çalışmada da kızartma sayısı arttıkça yağın viskozitesi artmıştır. Kızartma işlemi süresince viskozite değişimi Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Kızartma işlemi süresince viskozite değişimi (Pa.s)

Ürünler	Kızartma Tekrarı			
	3.kez kızartma	9.kez kızartma	15.kez kızartma	21.kez kızartma
KKY	76 ^{Cb} ±0,00	77 ^{Cb} ±0,01	85 ^{Bb} ±0,00	91 ^{Ab} ±0,02
LKY	77 ^{Ca} ±0,00	84 ^{Ba} ±0,02	91 ^{Aa} ±0,03	96 ^{Aa} ±0,04
TKY	76 ^{Cb} ±0,00	77 ^{Bb} ±0,00	77 ^{Bc} ±0,00	80 ^{Ac} ±0,00

(KKY: Kontrol kızartma yağı, LKY: Lokma hamurunun kızartıldığı yağ, TKY: Tulumba hamurunun kızartıldığı yağ)

Aynı sütundaki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Aynı satırdaki farklı büyük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Viskozitede meydana gelen değişiklikler incelendiğinde; en fazla artışın lokma hamuru kızartılan yağda, en az ise tulumba hamuru kızartılan yağda olduğu görülmüştür. Lokma hamuru kızartılan yağdan 3. kızartma sonucu alınan yağ örneğinin viskozite değeri 0,77 Pa.s iken, 21. kızartma sonucu alınan yağın viskozite değeri 0,96 Pa.s’a kadar yükselmiştir. Çizelge 3’te görüldüğü gibi istatistiksel olarak önemli ölçüde bir artış olmuştur ($p<0,05$). Kim ve Choe (2008) yaptıkları çalışmada, yumurta tozu ekledikleri hamurları kızarttıkları yağlarda, oksidasyon seviyesinin azaldığını görmüşlerdir. Yumurtada bulunan fosfolipitlerin, yağın oksidasyonunu azalttığını bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz bulgular literatürdeki bulgularla paralellik göstermektedir. Tulumba hamuru kızartılan yağın viskozitesinin, lokma hamuru kızartılan yağın viskozitesine göre daha düşük bulunmasının, tulumba hamuruna eklenen

yumurtanın içerdiği fosfolipitler sayesinde yağın oksidasyonunu azaltmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kızartma işlemi boyunca meydana gelen hidroliz reaksiyonları sonucunda kızartma yağında serbest yağ asidi miktarında artış görülür (Chung vd., 2004). Gıdada bulunan su, yağdaki trigliseritlerin parçalanmasına ve ortaya gliserol ve serbest yağ asitlerinin çıkmasına sebep olur (Zhang vd., 2012). Yüksek kızartma sıcaklıklarında hidroliz reaksiyonları daha fazla meydana gelir ve yağın serbest yağ asidi içeriği daha fazla artar (Aniołowska ve Kita, 2016). Serbest yağ asitleri arttıkça yağda meydana gelen oksidasyon olayları da hızlanır (Choe ve Min, 2007). Kızartma süresince kızartma yağlarında serbest yağ asidi içeriği kızartma tekrarına bağlı olarak önemli ölçüde artış göstermiştir.

Çizelge 4. Kızartma işlemi süresince serbest yağ asidi değişimi (%)

Ürünler	Kızartma Tekrarı			
	3.kez kızartma	9.kez kızartma	15.kez kızartma	21.kez kızartma
KKY	0,19 ^{Bc} ±0,00	0,20 ^{Bc} ±0,01	0,20 ^{Bc} ±0,01	0,24 ^{Ac} ±0,01
LKY	0,26 ^{Bb} ±0,01	0,28 ^{Bb} ±0,03	0,30 ^{Bb} ±0,02	0,36 ^{Ab} ±0,02
TKY	0,29 ^{Ca} ±0,01	0,36 ^{Ca} ±0,01	0,50 ^{Ba} ±0,03	0,71 ^{Aa} ±0,04

(KKY: Kontrol kızartma yağı, LKY: Lokma hamurunun kızartıldığı yağ, TKY: Tulumba hamurunun kızartıldığı yağ)

Aynı sütundaki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Aynı satırdaki farklı büyük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Çizelge 4’te görüldüğü gibi kontrol grubunda serbest yağ asidi içeriği %0,19’dan %0,24’e yükselmiştir. Lokma hamuru kızartılan yağda bu içerik %0,26’dan %0,36’ya yükselmiştir. Bu değerdeki en fazla artış tulumba kızartılan yağda görülmüştür. Alınan yağ örneğinin serbest yağ asidi içeriği, 3. kızartma sonunda %0,29 iken 21. kızartma sonucunda %0,71’e yükselmiştir ($p<0,05$). Serbest yağ asidi içeriğinde en fazla değişim tulumba hamuru kızartılan yağda

görülmüştür. Bunun sebebi tulumba hamurunun formülasyonunda lokma hamuruna göre daha fazla su bulunmasıdır. Su varlığının artması trigliseritlerin daha fazla parçalanmasına ve daha fazla serbest yağ asidinin meydana gelmesine sebep olmuştur. Tulumba ve lokma hamurlarının formülasyonları incelendiğinde, aynı miktar una karşılık, tulumba hamuruna daha yüksek miktarda su eklendiği görülmektedir.

Öte yandan Kim ve Choe (2008) yumurta tozu ekleyerek kızartıkları hamurlarda, yumurta tozu ilave oranı arttıkça kızartma yağının serbest yağ asidi değerlerinin de arttığını bildirmişler ve bu durumu hamura eklenen yumurta sarısının, kızartma yağının daha yüksek hidrolizine neden olduğu ile açıklamışlardır. Bu çalışmada tulumba hamurunun içeriği göz önüne alındığında, tulumba hamurunun kızartıldığı yağın serbest yağ asidi içeriğinin lokma hamuru kızartılan yağa göre daha fazla olması, yumurtanın yağın hidrolizini hızlandırdığını doğrular niteliktedir.

Peroksit değeri, yağın birincil lipid oksidasyonunun belirlenmesinde kullanılan bir parametredir (Karoui vd., 2011). Birincil oksidasyon ürünleri oldukça kararsızdır ve kızartma işlemi süresince zamanla ikincil oksidasyon ürünlerine parçalanırlar. Kızartma işleminin başında bir artış, sonrasında da ısıtmaya devam edilmesiyle birlikte peroksit değerinde azalma meydana gelir. Çünkü oluşan hidroperoksitler zamanla ikincil oksidasyon ürünlerine parçalanırlar (Chatzilazarou vd., 2006).

Çizelge 5. Kızartma işlemi süresince peroksit değişimi (PV, meq O₂/kg)

Ürünler	Kızartma Tekrarı			
	3.kez kızartma	9.kez kızartma	15.kez kızartma	21.kez kızartma
KKY	7,82 ^{Ac} ±0,39	4,32 ^{Bc} ±0,4	4,66 ^{Bc} ±0,3	4,11 ^{Bc} ±0,38
LKY	9,52 ^{Bb} ±0,32	9,37 ^{Ba} ±0,04	14,51 ^{Aa} ±0,01	9,77 ^{Ba} ±0,04
TKY	15,50 ^{Aa} ±0,19	8,97 ^{Bb} ±0,21	8,65 ^{Bb} ±0,02	8,62 ^{Bb} ±0,22

(KKY: Kontrol kızartma yağı, LKY: Lokma hamurunun kızartıldığı yağ, TKY: Tulumba hamurunun kızartıldığı yağ)

Aynı sütundaki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, p<0,05.

Aynı satırdaki farklı büyük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, p<0,05.

Çizelge 5'te görüldüğü gibi kızartma işlemi sırasında kızartma yağlarının peroksit değerleri önemli ölçüde değişmiştir. Doğrusal bir artış ya da azalış göstermemiştir. Çünkü peroksitler oldukça kararsız bileşiklerdir ve kızartma işlemi sırasında ikincil oksidasyon ürünleri olan aldehitlere dönüşmektedirler. Lokma hamurunun kızartıldığı yağın peroksit değerleri, tulumba hamuru kızartılan yağa göre daha yüksek ölçülmüştür. Bu durumun tulumba hamuruna eklenen yumurtada bulunan fosfolipitlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çünkü fosfolipitler kızartma yağında oksidasyonu azaltıcı etki göstermektedirler. Hamurda fosfolipitler ile karbonil bileşikler arasında reaksiyon gerçekleşebilir ve oluşan bileşikler kızartma yağında kahverengi Maillard bileşiklerini oluşturabilirler. Maillard reaksiyon ürünlerinin, lipid oksidasyonunda antioksidan olarak görev yapabildiği ve peroksit oluşumunu azaltıcı etki gösterdiği bildirilmiştir. Maillard reaksiyonlarında

oluşan enediol yapı redüktanlarının, lipid oksidasyonunda hidrojen verdiği ve serbest radikal zincirini kırdığı öne sürülmüştür (Kim ve Choe, 2008).

Gıdanın nem içeriği azaldıkça kızartma yağının viskozite ve peroksit değeri artar (Dana vd., 2003). Çalışmamızda kızarttığımız ürünlerden, lokma hamuruna katılan su miktarı, aynı miktar una karşılık, daha yüksek miktarda su eklenen tulumba hamurundan daha düşük olduğundan, lokma hamuru kızartılan yağların peroksit değerinin daha yüksek ölçülmesi, anlamlı bulunmuştur.

p-Anisidin, yağların oksidatif stabilitesinin belirlenmesi için kullanılan yöntemlerden biridir. Kızartma işleminin ilerleyen aşamalarında kararsız hidroperoksitlerin parçalanmasıyla daha kararlı yapıya sahip olan ikincil oksidasyon ürünleri meydana gelir (Sebastian vd., 2014). Kızartma sayısı arttıkça hidroperoksitlerin parçalanmasıyla p-Anisidin değeri de artar (Chung vd., 2004).

Çizelge 6. Kızartma işlemi süresince p-Anisidin değişimi (meq/kg)

Ürünler	Kızartma Tekrarı			
	3.kez kızartma	9.kez kızartma	15.kez kızartma	21.kez kızartma
KKY	31,56 ^{Db} ±0,22	77,42 ^{Ca} ±0,49	115,04 ^{Ba} ±0,28	140,88 ^{Aa} ±0,62
LKY	22,43 ^{Dc} ±0,12	62,32 ^{Cc} ±0,12	100,42 ^{Bb} ±0,29	124,45 ^{Ab} ±0,53
TKY	48,8 ^{Da} ±0,24	68,97 ^{Cb} ±0,72	70,31 ^{Bc} ±0,15	85,24 ^{Ac} ±0,18

(KKY: Kontrol kızartma yağı, LKY: Lokma hamurunun kızartıldığı yağ, TKY: Tulumba hamurunun kızartıldığı yağ)

Aynı sütundaki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, p<0,05.

Aynı satırdaki farklı büyük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, p<0,05.

Çizelge 6'da görüldüğü gibi kızartma yapılan yağların *p*-Anisidin değerleri zamanla artış göstermiştir. En fazla artış ise içerisinde hamur kızartılmayan sadece ısıtılıp soğutulan kontrol grubunda görülmüştür. Kontrol grubunda 3. kızartma sonucu alınan yağ örneğinin *p*-Anisidin değeri 31,56 iken 21. kızartmada 140,88'e yükselmiştir. İstatistiksel açıdan oldukça önemlidir ($p<0,05$). En az artış ise tulumba hamuru kızartılan yağda meydana gelmiş olup, 48,8'den 85,24'e kadar yükselmiştir. Bu durum tulumba hamuru kızartılan yağın, lokma hamuru kızartılan yağa kıyasla daha az oksidasyona maruz kaldığını ve ikincil oksidasyon ürünlerinin daha az oluştuğunu göstermektedir. Bunun sebebinin, tulumba hamuruna eklenen yumurtada bulunan fosfolipitler olduğu söylenebilir. Fosfolipitler oksidasyonu azaltıcı etki gösterdiklerinden, tulumba hamuru kızartılan yağın *p*-Anisidin değerinin daha düşük çıkmasında rol aldıkları düşünülebilir.

Konjuge dienler doymamış yağ asitlerinden meydana gelen birincil oksidasyon ürünlerine göre nispeten daha kararlı bileşikleridir (Choe ve Min, 2007). Yağdaki çoklu doymamış yağ asitlerinin miktarı arttıkça kızartma işlemi ile oluşan konjuge dien ve trien miktarı da artar (Karoui vd., 2011). Konjuge oksidasyon ürünlerinin yağda birikmesi yağın renginde de değişikliğe sebep olabilir (Sebastian vd., 2014). Kızartma sıcaklığının

yüksek olması konjuge dien oluşumunu artırmaktadır (Tyagi ve Vasishtha, 1996). Aynı şekilde kızartma süresinin artması da konjuge dienlerin artışına sebep olur (Farhoosh ve Tavassoli-Kafrani, 2011).

Lokma kızartılan yağın konjuge dien değerleri tulumba kızartılan yağın değerlerine göre daha yüksektir. Buna karşılık konjuge trien değerleri tulumba kızartılan yağda daha yüksektir. Bu durum zamanla ikincil oksidasyon ürünlerinin üçüncül ürünlere dönüştüğünü desteklemektedir. Kızartma işlemi ile yağların özgül soğurma değerlerinde kızartma tekrarına bağlı olarak zamanla artış görülmüştür. Kızartma işlemi süresince konjuge dien değişimi Çizelge 7'de, konjuge trien değişimi Çizelge 8'de verilmiştir.

Polar bileşik miktarının belirlenmesi kızartma yağlarının değerlendirilmesi için kullanılan en güvenilir yöntemlerdendir. Bu nedenle bazı Avrupa ülkelerinde polar madde miktarının en fazla %24 ile %27 arasında olması gerektiği bildirilmiştir (Wiege vd., 2020). Türkiye'de ise bu sınır %25 olarak belirtilmiştir (Anonim, 2012). Toplam polar madde, yağda meydana gelen tüm hidroliz ve oksidasyon reaksiyonlarının küresel bir ölçüsüdür. Serbest yağ asitleri, hidroperoksitler, aldehitler, ketonlar, asitler, alkoller ve epoksitler gibi bileşiklerin toplamıdır (Mlcek vd., 2015)

Çizelge 7. Kızartma işlemi süresince konjuge dien değişimi (mmol/L)

Ürünler	Kızartma Tekrarı			
	3.kez kızartma	9.kez kızartma	15.kez kızartma	21.kez kızartma
KKY	5,59 ^{Db} ±0,41	9,76 ^{Cb} ±0,36	15,17 ^{Ba} ±0,16	17,21 ^{Ab} ±0,54
LKY	5,97 ^{Db} ±0,10	9,03 ^{Cb} ±0,03	15,62 ^{Ba} ±0,14	18,61 ^{Aa} ±0,01
TKY	11,88 ^{Ba} ±0,21	13,53 ^{Aa} ±1,01	13,42 ^{Ab} ±0,81	12,57 ^{Ac} ±0,66

(KKY: Kontrol kızartma yağı, LKY: Lokma hamurunun kızartıldığı yağ, TKY: Tulumba hamurunun kızartıldığı yağ)

Aynı sütundaki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Aynı satırdaki farklı büyük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Çizelge 8. Kızartma işlemi süresince konjuge trien değişimi (mmol/L)

Ürünler	Kızartma Tekrarı			
	3.kez kızartma	9.kez kızartma	15.kez kızartma	21.kez kızartma
KKY	1,76 ^{Db} ±0,00	2,82 ^{Cb} ±0,03	3,54 ^{Bb} ±0,01	4,04 ^{Ab} ±0,07
LKY	1,75 ^{Db} ±0,01	2,45 ^{Cb} ±0,02	3,78 ^{Bb} ±0,02	4,86 ^{Ab} ±0,02
TKY	5,14 ^{Aa} ±0,45	5,13 ^{Aa} ±0,28	5,59 ^{Aa} ±0,3	5,90 ^{Aa} ±0,61

(KKY: Kontrol kızartma yağı, LKY: Lokma hamurunun kızartıldığı yağ, TKY: Tulumba hamurunun kızartıldığı yağ)

Aynı sütundaki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Aynı satırdaki farklı büyük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Kızartma işlemi boyunca kızartma yağlarının polar bileşik içeriği artış göstermiştir. Ancak 21. kızartmada dahi kritik sınırlara ulaşmamıştır. Tulumba hamuru kızartılan yağda lokma hamuru kızartılan yağa oranla polar madde miktarı daha az ölçülmüştür. Bu durumun tulumba hamuruna

eklenen yumurtada bulunan fosfolipitlerin antioksidan özelliğinden ileri geldiği düşünülmektedir. Tulumba hamuruna eklenen yumurta oksidasyonunun daha az gerçekleşmesine sebep olmuştur. Kızartma işlemi süresince toplam polar madde değişimi Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Kızartma işlemi süresince toplam polar madde değişimi

Ürünler	Kızartma Tekrarı			
	3.kez kızartma	9.kez kızartma	15.kez kızartma	21.kez kızartma
KKY	2,25 ^{Db} ±0,25	5,25 ^{Cb} ±0,75	7,50 ^{Bb} ±0,50	10,25 ^{Ab} ±0,25
LKY	2,50 ^{Db} ±0,00	5,50 ^{Cb} ±0,00	8,50 ^{Ba} ±0,00	11,50 ^{Aa} ±0,00
TKY	6,50 ^{Da} ±0,50	7,25 ^{Ca} ±0,25	8,00 ^{Bab} ±0,00	9,75 ^{Ab} ±0,25

(KKY: Kontrol kızartma yağı, LKY: Lokma hamurunun kızartıldığı yağ, TKY: Tulumba hamurunun kızartıldığı yağ)

Aynı sütündeki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Aynı satırdaki farklı büyük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Taze ayçiçek yağının yağ asidi kompozisyonu; %4,96 palmitik asit (C_{16:0}), %1,56 stearik asit (C_{18:0}), %34,45 oleik asit (C_{18:1}) ve %59,02 linoleik asit (C_{18:2}) şeklinde belirlenmiştir.

Lokma hamuru kızartılan yağın yağ asidi değişimi Çizelge 10'da verilmiştir. Kızartma süresi arttıkça linoleik asit miktarı azalırken palmitik asit, stearik

asit, oleik asit ve transoleik asit miktarı önemli ölçüde artmıştır ($p<0,05$).

Tulumba hamuru kızartılan yağın yağ asidi değişimi Çizelge 11'de verilmiştir. Kızartma süresi arttıkça linoleik asit miktarı azalırken palmitik asit, stearik asit, oleik asit ve transoleik asit miktarı önemli ölçüde artmıştır ($p<0,05$).

Çizelge 10. Lokma hamuru kızartılan yağın yağ asidi değişimi

Kızartma tekrarı	Yağ Asitleri				
	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1} Cis	C _{18:1} Trans	C _{18:2}
3.Kızartma	6,12 ^b ±0,07	2,75 ^b ±0,03	35,35 ^b ±0,47	0,62 ^a ±0,29	54,86 ^b ±0,33
9.Kızartma	5,81 ^c ±0,07	2,34 ^c ±0,03	35,18 ^{bc} ±0,42	0,57 ^a ±0,32	56,10 ^a ±0,64
15.Kızartma	6,27 ^b ±0,06	2,82 ^b ±0,03	36,02 ^{ab} ±0,34	0,67 ^a ±0,27	54,23 ^{bc} ±0,52
21.Kızartma	6,48 ^a ±0,07	3,02 ^a ±0,03	36,37 ^a ±0,42	0,67 ^a ±0,27	53,45 ^c ±0,59

(KKY: Kontrol kızartma yağı, LKY: Lokma hamurunun kızartıldığı yağ, TKY: Tulumba hamurunun kızartıldığı yağ)

Aynı sütündeki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Çizelge 11. Tulumba hamuru kızartılan yağın yağ asidi değişimi

Kızartma tekrarı	Yağ Asitleri				
	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1} Cis	C _{18:1} Trans	C _{18:2}
3.Kızartma	5,77 ^d ±0,00	2,43 ^d ±0,00	22,87 ^c ±0,00	0,57 ^b ±0,00	68,36 ^a ±0,00
9.Kızartma	6,11 ^c ±0,02	2,77 ^c ±0,03	23,65 ^b ±0,11	0,73 ^a ±0,02	66,75 ^b ±0,00
15.Kızartma	6,21 ^b ±0,05	3,1 ^b ±0,14	24,23 ^a ±0,26	0,72 ^a ±0,01	65,74 ^c ±0,47
21.Kızartma	6,39 ^a ±0,00	3,28 ^a ±0,01	24,55 ^a ±0,11	0,74 ^a ±0,00	65,04 ^d ±0,10

(KKY: Kontrol kızartma yağı, LKY: Lokma hamurunun kızartıldığı yağ, TKY: Tulumba hamurunun kızartıldığı yağ)

Aynı sütündeki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Çizelge 12. Kontrol yağının yağ asidi değişimi

Kızartma tekrarı	Yağ Asitleri				
	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1} Cis	C _{18:1} Trans	C _{18:2}
3.Kızartma	5,39 ^c ±0,00	1,9 ^d ±0,00	35,18 ^d ±0,00	0,85 ^c ±0,00	56,69 ^a ±0,00
9.Kızartma	5,97 ^b ±0,07	2,48 ^b ±0,04	36,37 ^c ±0,08	0,90 ^b ±0,01	54,30 ^b ±0,20
15.Kızartma	6,14 ^a ±0,02	2,64 ^a ±0,05	36,73 ^b ±0,09	0,92 ^a ±0,01	53,56 ^c ±0,03
21.Kızartma	5,95 ^b ±0,00	2,33 ^c ±0,00	37,39 ^a ±0,00	0,92 ^a ±0,00	53,41 ^c ±0,00

(KKY: Kontrol kızartma yağı, LKY: Lokma hamurunun kızartıldığı yağ, TKY: Tulumba hamurunun kızartıldığı yağ)

Aynı sütündeki farklı küçük harfle belirtilen değerler Tukey çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu belirtmektedir, $p<0,05$.

Kızartma yapılmayıp sadece ısıtılıp soğutulan yağın yağ asidi değişimi Çizelge 12'de verilmiştir. Kızartma süresi arttıkça linoleik asit miktarı azalırken palmitik asit, stearik asit, oleik asit ve transoleik asit miktarı önemli ölçüde artmıştır ($p<0,05$). Sonuçlardan da görüldüğü üzere kızartma süresi arttıkça trans yağ asidi içeriği bütün

yağ örneklerinde artmıştır. Ürün kızartılmadan sadece ısıtılan yağ da ısının etkisi ile zamanla bozulmuştur ve yağ asidi kompozisyonunda anlamlı değişiklikler olmuştur.

Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi yağın orijinalliğinin ve oksidatif stabilitesinin tespitinde oldukça sık kullanılır. Linoleik asidin palmitik

aside oranı ($C_{18:2}/C_{16:0}$) çoklu doymamış yağ asitlerinin bir göstergesi olarak yağ bozulmasının değerlendirilmesinde kullanılabilir, kızartma yağı bozuldukça bu oran azalır (Nayak vd., 2016). Yaptığımız çalışmada bu oran kızartma sayısı arttıkça azalmıştır. Lokma hamuru kızartılan yağda $C_{18:2}/C_{16:0}$ oranı 8,96'dan 8,24'e; tulumba hamuru kızartılan yağda 11,84'ten 10,17'ye, kontrol yağ örneklerinde ise 10,51'den 8,97'ye düştüğü belirlenmiştir. Azalma en fazla tulumba hamuru kızartılan yağda görüldüğünden, tulumba hamuru kızartılan yağın linoleik asit içeriğinin daha çok değişime uğradığı söylenebilir. Kızartma işlemi sonrası yağların çoklu doymamış yağ asidi miktarlarında (linolenik ve linoleik asit) azalma meydana gelir (Uslu, 2014). Aniołowska ve Kita (2016), palm yağında kızartma süresince ana çoklu doymamış yağ asidi olan linoleik asidin zamanla azaldığını bildirmiştir. Bütün kızartmalarda, çoklu doymamış yağ asitleri, kızartma sayısı arttıkça azalmış ve yağın daha fazla bozulduğu görülmüştür. Chatzilazarou vd. (2006), dört farklı yağ ile yapılan çalışmada doymuş yağ asidi içeriğinin, çoklu doymamış yağ asidi içeriği azaldıkça arttığını belirlemişlerdir. Yaptığımız çalışmada hem lokma ve tulumba kızartılan yağlarda hem de sadece ısıtılıp soğutulan kontrol yağında zamanla linoleik asit miktarı azalmıştır. Lokma kızartılan yağ örneklerinde %54,86'dan %53,45'e; tulumba hamuru kızartılan yağ örneklerinde %68,36'dan %65,04'e; kontrol yağ örneklerinde ise %56,69'dan %53,41'e düşmüştür. Görüldüğü gibi linoleik asit miktarı kızartma işlemi tekrarlandıkça azalmıştır. Buna karşılık palmitik ve stearik asit miktarları nispeten artmıştır. Bünyesinde iki çift bağ bulundurması sebebiyle linoleik asidin oksidasyona uğrama oranı, palmitik asit, stearik asit ve oleik asite göre daha yüksektir. Bu yüzden kızartma boyunca yağlarda en fazla oksidasyon linoleik asitte olmuştur ve miktarı anlamlı miktarda azalmıştır ($p<0,05$). Palmitik asit miktarı, hem lokma ve tulumba kızartılan yağlarda hem de sadece ısıtılıp soğutulan kontrol yağında zamanla istatistiksel olarak önemli miktarda artmıştır ($p<0,05$). Kontrol örneklerinde %5,39'dan %5,95'e yükselmiştir. Lokma hamuru kızartılan yağ örneklerinde ise %6,12'den %6,48'e yükselmiştir. Tulumba kızartılan yağda ise %5,77'den %6,39'a kadar yükselmiştir. Stearik asit miktarı ise tüm yağ örneklerinde tıpkı palmitik asitte olduğu gibi zamanla artış göstermiştir ($p<0,05$). Lokma kızartılan yağ örneklerinde %2,75'den %3,02'ye; tulumba hamuru kızartılan yağ örneklerinde %2,43'ten %3,82'ye; kontrol yağ örneklerinde ise %1,9'dan %2,33'e yükselmiştir. Oleik asit miktarı da yine tüm yağ örneklerinde zamanla artmıştır ($p<0,05$). Lokma kızartılan yağ

örneklerinde %35,35'ten %36,37'ye; tulumba hamuru kızartılan yağ örneklerinde %22,87'den %24,55'e; kontrol yağ örneklerinde ise %35,18'den %37,39'a yükselmiştir. Yüksek sıcaklıklarda ve uzun süreli kızartma işlemi yapmak kızartma yağında trans yağ asitlerinin artmasına sebep olur. Kızartma yağlarının tekrar kullanımı trans yağ asidi konsantrasyonunu artırabilir (Saguy ve Dana, 2001). Çalışmamızda transoleik asit miktarında anlamlı bir artış görülmüştür ($p<0,05$). Lokma kızartılan yağ örneklerinde %0,62'den %0,67'ye; tulumba hamuru kızartılan yağ örneklerinde %0,57'den %0,74'e; kontrol yağ örneklerinde ise %0,85'ten %0,92'ye yükselmiştir.

4. Sonuç

Lokma ve tulumba hamuru kızartılan yağlarda oksidasyon, hidroliz ve polimerizasyon reaksiyonları sonrasında yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişiklikler meydana gelmiştir. Yağlar kıyaslandığında; oksidasyon reaksiyonlarına bağlı değişimlerin, lokma hamuru kızartılan yağda daha fazla olduğu görülmüştür. Peroksit değeri tulumba kızartılan yağda %44 azalmış, lokma kızartılan yağda ise %2 artmıştır. *p*-Anisidin değeri tulumba kızartılan yağda yaklaşık %75 artarken, lokma kızartılan yağda yaklaşık %450 artış göstermiştir. Konjuge dien ve trien değerleri, lokma hamuru kızartılan yağda sırasıyla %300 ve %177 artarken, tulumba kızartılan yağda sırasıyla sadece %6 ve %15 artış göstermiştir. Yağların uğradığı oksidasyon seviyesini gösteren bu değerler ışığında; tulumba hamuruna eklenen yumurta sarısında bulunan antioksidan bileşiklerin, yağın oksidasyon seviyesinin azalmasına neden olduğu düşünülebilir. Yağın hidroliz seviyesini gösteren serbest yağ asidi içeriği, tulumba hamuru kızartılan yağda %145 artarken, lokma hamuru kızartılan yağda %38 artış göstermiştir. Formülasyonlarda un miktarları eşit olmasına rağmen, tulumba hamuruna daha fazla su eklenmesinin, tulumba hamuru kızartılan yağın hidrolizinin artmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre; kızartma tekrarının artması, bozulmayı artırmasına rağmen, 21 kez kızartma sonucunda yağın bozulma derecesi, kızartmada kullanılmakta olan katı ve sıvı yağlar için Türk Gıda Kodeksi'nce belirlenen (Anonim, 2012) sınırlara ulaşmamıştır. Endüstriyel üretim yapılan yerlerde uygulanan kızartma tekrarı sayısının, çalışmamızda denenen tekrar sayılarından çok daha fazla olduğu düşünülecek olursa; bu gibi yerlerde kullanılan kızartma yağlarının günlük değişiminin sağlanmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

5. Teşekkürler

Bu makale yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışmaya maddi destek veren Erciyes Üniversitesi

6. Kaynaklar

An, K. J., Liu, Y. L. and Liu, H. L. (2017). Relationship between total polar components and polycyclic aromatic hydrocarbons in fried edible oil. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(9), 1596-1605.

Aniołowska, M. and Kita, A. (2016). The effect of frying on glycidyl esters content in palm oil. *Food Chemistry*, 203, 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.028>

Anonim. (1987). Standard methods for the analysis of oils fats and derivatives, 1st supplement to 7th edition. International Union of Pure and Applied Chemistry. Pergamon Press, Oxford.

Anonim. (2008). Column Selection for the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters. Agilent Application Catalogue 5989-3760 EN.

Anonim. (2012). Türk Gıda Kodeksi, Kızartmada Kullanılmakta Olan Katı ve Sıvı Yağlar İçin Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.

AOAC. (1998). Official methods and recommended practices of the AOAC. 5th Ed., Champaign.

AOAC. (2000). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 17th Ed., Washington.

AOCS. (2003). Official methods and recommended practices of the American oil chemists society. 5th Ed., Washington.

AOCS. (2007). Official methods and recommended practices of the American oil chemists society. 6th Ed., Champaign.

Bouchon, P., Aguilera, J. M. and Pyle, D. L. (2003). Structure Oil-Absorption Relationships During Deep-Fat Frying. *Journal of Food Science*, 68(9), 2711–2716. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2003.TB05793.X>

Çelik, G. (2020). Derin Yağda Kızartma İşleminde Proses Kirleticilerinin Belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi-1 s. Bursa.

Ceylan, M. M. (2020). Kızartma Yağlarının Oksidatif Stabilitesi Üzerine Farklı Doğal Antioksidan Maddelerin Etkisi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi-1 s. Van.

Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FYL-2021-10662) teşekkür ederiz.

Chatzilazarou, A., Gortzi, O., Lalas, S., Zoidis, E. and Tsaknis, J. (2006). Physicochemical changes of olive oil and selected vegetable oils during frying. *Journal of Food Lipids*, 13(1), 27–35. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2006.00032.x>

Choe, E. and Min, D. B. (2007). Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of food science*, 72(5), R77-R86. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x>

Chung, J., Lee, J. and Choe, E. (2004). Oxidative stability of soybean and sesame oil mixture during frying of flour dough. *Journal of Food Science*, 69(7), 574–578. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb13652.x>

Dana, D., Blumenthal, M. M. and Saguy, I. S. (2003). The protective role of water injection on oil quality in deep fat frying conditions. *European Food Research and Technology*, 217(2), 104–109. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0744-x>

Doğan, İ. S. ve Yurt, B. (2002). Tulumba tatlısının üretiminde yağ emilimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *Gıda*, 27(1), 65-71

Farhoosh, R. and Tavassoli-Kafrani, M. H. (2011). Simultaneous monitoring of the conventional qualitative indicators during frying of sunflower oil. *Food Chemistry*, 125(1), 209–213. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2010.08.064>

Farkas, B. E., Singh, R. P. and Rumsey, T. R. (1996). Modeling heat and mass transfer in immersion frying. I, model development. *Journal of Food Engineering*, 29(2), 211–226. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(95\)00072-0](https://doi.org/10.1016/0260-8774(95)00072-0)

Karoui, I. J., Dhifi, W., Ben Jemia, M. and Marzouk, B. (2011). Thermal stability of corn oil flavoured with *Thymus capitatus* under heating and deep-frying conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(5), 927–933. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4267>

Kasar, H. (2021). Türk mutfak kültürü evreleri ve mutfak sentezinin incelenmesi. *Journal of humanities and tourism research*, 11(11–2), 347–358. <https://doi.org/10.14230/johut960>

Kim, H. and Choe, E. (2008). Effects of egg yolk powder addition to the flour dough on the lipid oxidation development during frying. *LWT-Food*

- Science and Technology*, 41(5), 845–853. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.05.011>
- Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science and Technology*, 14(9), 364–373. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(03\)00050-5](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(03)00050-5)
- Mlcek, J., Druzvikova, H., Valasek, P., Sochor, J., Jurikova, T., Borkovcova, M., Baron, M. and Balla, S. (2015). Assessment of total polar materials in Frying fats from Czech restaurants. *Italian Journal of Food Science*, 27(2), 160–165. <https://doi.org/10.14674/1120-1770/IJFS.V182>
- Nayak, P. K., Dash, U. M. A., Rayaguru, K. and Krishnan, K. R. (2016). Physio-chemical changes during repeated frying of cooked oil: a review. *Journal of Food Biochemistry*, 40(3), 371–390.
- Oke, E. K., Idowu, M. A., Sobukola, O. P., Adeyeye, S. A. O. and Akinsola, A. O. (2018). Frying of food: a critical review. *Journal of Culinary Science & Technology*, 16(2), 107–127.
- Rakıcıoğlu, N., ve Baysal, A. (1988). Yağda Kızartma Yöntemi ile Pişirmede Oluşan Fiziksel ve Kimyasal Değişiklikler ve Bunların İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 17, 121–130.
- Rossell, J. B. (2001). Frying : improving quality. CRC Press.
- Saguy, I. S. and Dana, D. (2001). Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *Journal of Food Engineering*, 56(2003), 143–152.
- Sebastian, A., Ghazani, S. M. and Marangoni, A. G. (2014). Quality and safety of frying oils used in restaurants. *Food Research International*, 64, 420–423. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.033>
- Sevimli, Y. (2017). Özel Gün Tatlıları : Kültür Turizmi Açısından Önemi. *Uluslararası Kırsal Turizm ve Kalkınma Dergisi*, 1(2), 18–28.
- Sun, D. W. (2009). Advances in Deep-Fat Frying of Foods. İçinde S. G. Sumnu ve S. Sahin (Ed.), *Contemporary Food Engineering*. Contemporary Food Engineering. <https://doi.org/10.1201/9781420055597>
- Tümer, G. (2017). Lokma ve Tulumba Tatlısı Üretiminde Kavurğa Unu Kullanım İmkanının Araştırılması ve Bazı Karakteristik Özelliklerin Belirlenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi-14 s. Denizli.
- Tyagi, V. K., ve Vasishtha, A. K. (1996). Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73(4), 499–506. <https://doi.org/10.1007/BF02523926>
- Uslu, N. (2014). Kızartma tekerrür sayısının farklı bitkisel yağların fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Wiege, B., Fehling, E., Matthäus, B., ve Schmidt, M. (2020). Changes in physical and chemical properties of thermally and oxidatively degraded sunflower oil and palm fat. *Foods*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/foods9091273>
- Yaşkıran, K. (2020). Kızartmalık mısırözü yağı kalitesinin iyileştirilmesinde üç farklı turuncgil albedosunun suni bir antioksidan ve adsorban ile karşılaştırılması. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi-16 s. Konya.
- Yüksel, A. K., ve Yüksel, M. (2020). Gıdalarda trans yağ asitlerinin varlığı ve önemi. *Aydın Gastronomy*, 4(2), 113–124.
- Zhang, Q., Saleh, A. S., Chen, J. and Shen, Q. (2012). Chemical alterations taken place during deep-fat frying based on certain reaction products: A review. *Chemistry and physics of lipids* 165(6), 662–681.