



**T. C.**

**ORDU ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARDIŞIK MİKRODALGA ISITMA/KIZARTMA  
İŞLEMLERİ SIRASINDA AYÇİÇEK YAĞININ BAZI  
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN DEĞİŞİMİ**

**EZGİ AYDINKAPTAN MADEN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ORDU 2019**

## TEZ ONAY

**Ezgi AYDINKAPTAN MADEN** tarafından hazırlanan “**ARDIŞIK MİKRODALGA ISITMA/KIZARTMA İŞLEMLERİ SIRASINDA AYÇİÇEK YAĞININ BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN DEĞİŞİMİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 21.11.2019 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Işıl BARUTÇU MAZI

### Jüri Üyeleri

Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Işıl BARUTÇU MAZI  
Gıda Mühendisliği, Ordu Üniversitesi  
Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Yunus Emre TUNÇİL  
Gıda Mühendisliği, Ordu Üniversitesi  
Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Duygu ALTIÖK  
Gıda Mühendisliği, Giresun Üniversitesi

### İmza

.....  
.....  
.....

28/11/2019 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 29/11/2019 tarih ve 2019/725 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.....  
Enstitü Müdürü  
Prof. Dr. Selahattin MADEN



## TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

**EZGİ AYDINKAPTAN MADEN**



**Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün TF1460 numaralı projesi ile desteklenmiştir.**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

# ARDIŞIK MİKRODALGA ISITMA/KIZARTMA İŞLEMLERİ SIRASINDA AYÇİÇEK YAĞININ BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN DEĞİŞİMİ

EZGİ AYDINKAPTAN MADEN

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 107 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: Dr. Öğr. Üyesi Işıl BARUTÇU MAZI)

Bu çalışmanın amacı mikrodalganın farklı güç seviyeleri (360W, 600W, 900W) kullanılarak ve fritöz kullanılarak yapılan ardışık ısıtma işlemlerinin ayçiçek yağının bazı fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesidir. Bu amaçla ayçiçek yağı 5 ardışık gün süre ile gerçek kızartmayı temsil edecek şekilde bir ısıtma döngüsüne maruz bırakılmıştır. Her ısıtma döngüsünde 180°C'ye ısıtılmış olan ayçiçeği yağı, bu sıcaklıkta 3 dakika tutulmuş, daha sonra 15 dakika süre ile soğumaya bırakılmış ve bu işlem günde 15 kez tekrarlanmıştır. Isıtma işleminin her gününde, ayçiçek yağının peroksit değeri (PD), serbest yağ asitliği (SYA), özgül soğurma değerleri ( $K_{232}$  ve  $K_{270}$ ), toplam polar madde (TPM), kırılma indisi, viskozite, renk değerleri ve yağ asidi profili belirlenmiştir. Buna ek olarak, gıda ve kızartma yağı arasındaki etkileşimlerin yağın kalite parametreleri üzerindeki etkilerini anlamak için, 180°C'de her 3 dakikalık bekletme süresinde, patates (50 g) kızartılmış ve yukarıda belirtilen tüm parametreler aynı şekilde her kızartma gününün sonunda ölçülmüştür. Ayrıca ardışık mikrodalga ve derin yağda kızartma işlemlerinin patates kızartmasının yağ içeriği, nem içeriği ve toplam renk değişimi üzerindeki etkileri de incelenmiştir.

Kullanılan ısıtma/kızartma yönteminin ve mikrodalga güç seviyesinin incelenen parametreler açısından etkili birer faktör oldukları bulunmuştur. Genel olarak ısıtma/kızartma işlemlerinde mikrodalga kullanımı, ayçiçek yağında daha yüksek PD, SYA,  $K_{232}$ ,  $K_{270}$ , TPM, kırılma indisi, viskozite ve renk değerlerine ve daha düşük seviyede çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) içeriğine neden olmuştur. Mikrodalga kızartma ve mikrodalga ısıtma işlemleri sırasında elde edilen değerler karşılaştırıldığında, mikrodalgada kızartma işleminde elde edilen SYA ve renk değerlerinin ısıtma işleminde elde edilen değerlerden yüksek,  $K_{232}$ , TPM, viskozite değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmektedir. Fritözde kızartma işleminde de benzer şekilde SYA ve renk değerleri ısıtma işleminde elde edilen değerlerden yüksek, viskozite değeri ise düşük bulunmuş ancak  $K_{232}$  değerleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Fritözde kızartma işleminde ısıtma işlemine oranla daha yüksek TPM değerleri elde edilmiştir.

Mikrodalgada kızartma işlemi, derin yağda kızartmaya kıyasla patatesteki önemli ölçüde daha düşük yağ ve nem içeriği sağlamıştır. Derin yağda kızartılmış patates örneklerinin yağ içeriği %6.83-7.90 (kg yağ/kg kuru madde) arasındayken, mikrodalgada kızartılmış örneklerin yağ içerikleri %4.0 ile %6.02 arasında değişmektedir. 900W mikrodalga güç seviyesi, patates örneklerinde 360W güç seviyesine göre daha düşük yağ içeriği sunmuştur. Her iki kızartma yönteminde de, yağ kalitesinin, patatesin yağ emilimi üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır. Mikrodalgada kızartılmış patateslerin toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) güç seviyesinden veya yağ kalitesinden etkilenmezken, derin yağda kızartılmış patateslerin  $\Delta E$ 'si son güne kıyasla ilk gün daha düşüktür. En yüksek güç seviyesi patates kızartmasının yağ içeriğinde %20-33 oranında azalma sağlamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ayçiçek Yağı, Fizikokimyasal Özellikler, Güç Seviyesi, Kızartma, Mikrodalga, Patates, Yağ Asidi Profili.

## ABSTRACT

### CHANGES OF SOME PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF SUNFLOWER OIL DURING REPEATED MICROWAVE HEATING/FRYING PROCESSES

EZGİ AYDINKAPTAN MADEN

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED  
SCIENCES

FOOD ENGINEERING

MASTER THESIS, 107 PAGES

(SUPERVISOR: Assist. Prof. Dr. Işıl BARUTÇU MAZI)

The aim of this study was to determine the effects of repeated microwave heating at different power levels (360W, 600W, 900W) and heating in deep-fat fryer on some physicochemical properties of the sunflower oil. For this purpose, the sunflower oil was subjected to heating cycle which simulates the actual frying conditions for five consecutive days. In each heating cycle, the sunflower oil heated to 180°C was held at this temperature for 3 minutes, then allowed to cool for 15 minutes and this was repeated for 15 times a day. The peroxide (PV), free fatty acid (FFA), extinction coefficients ( $K_{232}$  and  $K_{270}$ ), total polar compound (TPC), refractive index, viscosity, color values and the fatty acid profile of the sunflower oil were determined on each day of heating. In addition to that, French fries (50g) were fried during each 3 min holding period at 180°C in order to understand the effects of interactions between the food and the frying oil on quality parameters of oil, and all the above-mentioned parameters were likewise measured at the end of each frying day. The effects of repetitive microwave frying and deep fat frying on oil content, moisture content and total color change of French fries was also investigated.

Both the heating/frying method and the microwave power level were found as significant factors in terms of the investigated parameters. In general, the use of microwaves in heating/frying processes resulted in higher PV, FFA,  $K_{232}$ ,  $K_{270}$ , TPC, refractive index, viscosity and color values and lower levels of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) in sunflower oil. When the values obtained during the microwave frying and microwave heating processes were compared, it was seen that the FFA and color values obtained in the microwave frying process were higher than those obtained in the heating process while  $K_{232}$ , TPC and viscosity values are lower. Similarly, the FFA and color values obtained in the conventional frying process were higher than those obtained in the conventional heating process, however, no significant difference was observed between  $K_{232}$  values. Higher TPC values were obtained in conventional frying process compared to conventional heating process.

Microwave frying provided significantly lower oil and moisture contents in French fries compared to deep fat frying. Oil content of deep fat fried French fries was between 6.83-7.90% (kg oil/kg dry matter) while the oil contents of microwave

fried samples varied in the range 4.0 and 6.02%. 900W microwave power level presented significantly lower oil content in French fries compared to 360W power level. The oil quality did not have a significant effect on the oil absorption of the French fries for both frying methods. Total color change ( $\Delta E$ ) of microwave fried French fries was not affected by the power level or the oil quality, whereas  $\Delta E$  of the deep fat fried French fries was lower on initial day of frying compared to final day. The highest power level provided 20-33% (wb) reduction in oil content of French fries.

**Keywords:** Fatty Acid Profile, French Fry, Frying, Microwave, Physicochemical Properties, Power Level, Sunflower Oil.



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam esnasında kıymetli bilgisi, birikimi ve tecrübeleri ile bana yolumu aydınlatan ve destek olan değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Işıl BARUTÇU MAZİ'ya çok teşekkür ederim. Tezimin jürisinde bulunan Sayın Dr. Öğretim Üyesi Yunus Emre TUNÇİL ve Sayın Dr. Öğretim Üyesi Duygu ALTIOK'a teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, laboratuvar çalışmalarım sırasında destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Bekir Gökçen MAZİ'ya şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım ve tezimi yazma sürecinde desteklerini esirgemeyen yüksek lisans arkadaşlarım Güliz AKYÜZ'e, Esra TEKİN'e ve Arş. Gör. Merve Sılanur YILMAZ'a teşekkür ederim.

Ayrıca, Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne BAP TF 1460 numaralı proje ile çalışmamı desteklediği için teşekkürü bir borç bilirim.

Renk analizleri için Çotanak A.Ş Laboratuvarını kullanmamı sağlayan Gıda Mühendisleri Gülşah Hanım ve Zeynep Hanım'a ve isimlerini sayamadığım tezimde emeği geçen bana destek veren herkese teşekkür ederim.

İlkeleriyle bizi biz yapan, bugünlere gelmemiz için hayatını adayan Ulu Önder Gazi Mustafa Kemal Atatürk'e en derin saygılarımı sunarım.

Aynı zamanda desteklerini esirgemeyen hayatta en büyük şanslarım olan babam Sinan AYDINKAPTAN'a, annem Ayşe Beyhan AYDINKAPTAN'a, kardeşim Bora AYDINKAPTAN'a ve eşim Murat MADEN'e canıyürekten teşekkür ederim. Tezimin uzamasına neden olan ve hayatımızı şenlendiren kızımız Farya'ya sevgilerimi sunarım.

Yüksek Lisans eğitimine birlikte başladığımız, ancak aramızdan ayrılan rahmetli Türkün KARAKUŞ'a...



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	I
<b>ÖZET</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	IV
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	VI
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	VII
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	IX
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	XI
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
<b>EKLER LİSTESİ</b> .....	XII
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	3
2.1 Derin Yağda Kızartma.....	3
2.2 Mikrodalga Kızartma.....	6
2.3 Ayçiçek Yağı.....	7
2.4 Kızartma Yağlarında Oluşan Değişimler.....	9
2.4.1 Serbest Yağ Asitliği (SYA).....	10
2.4.2 Peroksit Sayısı (PS).....	10
2.4.3 Özgül Soğurma Değerleri ( $K_{232}$ ve $K_{270}$ ).....	11
2.4.4 Toplam Polar Madde (TPM).....	12
2.4.5 Yağ Asidi Kompozisyonu.....	12
2.4.6 Viskozite.....	14
2.4.7 Renk.....	14
2.4.8 Kırılma İndisi.....	15
2.5 Gıda ile Kızartma Yağı Arasındaki Etkileşimler.....	15
2.6 Kızartılmış Ürünlerin Kalite Kriterleri.....	17
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	19
3.1 Materyal.....	19
3.2 Yöntem.....	19
3.2.1 Ardışık Isıtma İşlemi.....	19
3.2.2 Ardışık Kızartma İşlemi.....	20
3.2.3 Yağda Yapılan Analizler.....	21
3.2.3.1 Serbest yağ asitliği (SYA).....	21
3.2.3.2 Peroksit sayısı (PS).....	21
3.2.3.3 Özgül Soğurma Değerleri ( $K_{232}$ , $K_{270}$ ).....	22
3.2.3.4 Toplam Polar Madde (TPM).....	22
3.2.3.5 Kırılma İndisi.....	22
3.2.3.6 Viskozite.....	23
3.2.3.7 Renk.....	23
3.2.3.8 Yağ Asidi Kompozisyonu.....	23
3.2.4 Kızartılmış Patates (French fries) Örneklerinde Yapılan Analizler.....	23
3.2.4.1 Nem Miktarı.....	23
3.2.4.2 Yağ Miktarı.....	23
3.2.4.3 Renk.....	23

3.3.5 İstatistiksel Analizler.....	24
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....</b>	<b>24</b>
4.1 Ardışık Isıtma.....	24
4.1.2 Peroksit Sayısı (PS).....	28
4.1.3 Konjuge Dien ( $K_{232}$ ).....	30
4.1.4 Konjuge Trien ( $K_{270}$ ).....	32
4.1.5 Toplam Polar Madde (TPM).....	34
4.1.6 Kırılma İndisi (Kİ) .....	35
4.1.7 Viskozite .....	37
4.1.9 Yağ Asidi Kompozisyonu .....	40
4.2 Ardışık Kızartma.....	42
4.2.1 Serbest Yağ Asitliği (SYA).....	42
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>69</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>79</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>107</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

- Şekil 2.1** Elektromanyetik spektrum.....4
- Şekil 4.1.1** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki serbest yağ asitliği (SYA) değerleri.....26
- Şekil 4.1.2** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki peroksit değerleri(PS).....29
- Şekil 4.1.3** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki K232 değerleri.....32
- Şekil 4.1.4** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün.....34
- Şekil 4.1.5** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki toplam polar madde(TPM) değerleri süre ile ısıtılması sırasındaki K<sub>270</sub> değerleri.....36
- Şekil 4.1.6** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki kırılma indisi değerleri.....37
- Şekil 4.1.7** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki viskozite değerleri.....38
- Şekil 4.2.1** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patateslerin kızartılması sırasındaki serbest yağ asitliği (SYA) değerleri.....45
- Şekil 4.2.2** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patateslerin kızartılması sırasındaki peroksit değerleri (PS).....47
- Şekil 4.2.3** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W)güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patateslerin kızartılması sırasındaki K<sub>232</sub> değerleri.....50

**Şekil 4.2.4** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patateslerin kızartılması sırasındaki  $K_{270}$  değerleri.....52

**Şekil 4.2.5** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patateslerin kızartılması sırasındaki toplam polar madde (TPM) değerleri.....54



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 2.1</b> Ayçiçek yağı yağ asitleri kompozisyonu (Kırbaşlar ve ark., 2012) .....	8
<b>Çizelge 2.2</b> Kızartma işleminde oluşan kimyasal reaksiyonlar .....	9
<b>Çizelge 4.1</b> Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W .....	39
<b>Çizelge 4.2</b> Ayçiçek yağının ısı işleme tabi tutulmadan önce ve fritöz kullanılarak(FI), mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sonundaki yağ asidi profili .....	41
<b>Çizelge 4.3</b> Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patates kızartılması sırasındaki kırılma indisi değerleri.....	56
<b>Çizelge 4.4</b> Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patates kızartılması sırasındaki viskozite değerleri.....	57
<b>Çizelge 4.5</b> Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patates kızartılması renk değerleri .....	59
<b>Çizelge 4.6</b> Ayçiçek yağının işlem görmeden önce ve fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patates kızartılması sırasındaki yağ asidi kompozisyonları. Değerler, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=2) .....	61
<b>Çizelge 4.7</b> Fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak kızartılan patateslerin nem , yağ oranları, $\Delta E$ değerleri .....	66

## EKLER LİSTESİ

### Sayfa

- EK A.1** : Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin serbest yağ asitliği değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....79
- EK A.2** : Fritözde ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....79
- EK A.3** : Mikrodalgada (360W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....80
- EK A.4** : Mikrodalgada (600W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....80
- EK A.5** : : Mikrodalgada (900W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....81
- EK A.6** : Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin peroksit değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....81
- EK A.7** : Fritözde ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....82
- EK A.8** : Mikrodalgada (360W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....82
- EK A.9** : Mikrodalgada (600W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....83
- EK A.10** : Mikrodalgada (900W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....83
- EK A.11** : Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin konjuge dien( $K_{232}$ ) değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....84
- EK A.12** : Fritözde ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....84
- EK A.13** : Mikrodalgada (360W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....85

<b>EK A.14</b> : Mikrodalgada (600W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları .....	85
<b>EK A.15</b> : Mikrodalgada (900W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	86
<b>EK A.16</b> : Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin konjuge trien( $K_{270}$ ) değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....	86
<b>EK A.17</b> : Fritözde ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	87
<b>EK A.18</b> : Mikrodalgada (360W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	87
<b>EK A.19</b> : Mikrodalgada (600W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	88
<b>EK A.20</b> : Mikrodalgada (900W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	88
<b>EK A.21</b> : Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin toplam polar madde değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....	89
<b>EK A.22</b> : Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin kırılma indisi değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....	89
<b>EK A.23</b> : Fritözde ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	89
<b>EK A.24</b> : Mikrodalgada (360W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	90
<b>EK A.25</b> : Mikrodalgada (600W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	90
<b>EK A.26</b> : Mikrodalgada (900W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	91
<b>EK A.27</b> : Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin viskozite değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....	91
<b>EK A.28</b> : Fritözde ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının viskozite değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	92
<b>EK A.29</b> : Mikrodalgada (360W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının viskozite değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	92

<b>EK A.30</b> : Mikrodalgada (600W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının viskozite değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	93
<b>EK A.31</b> : Mikrodalgada (900W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının viskozite değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	93
<b>EK B.1</b> : Ayçiçek yağında patates kızartılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin serbest yağ asitliği değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....	94
<b>EK B.2</b> : Fritözde kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	94
<b>EK B.3</b> : Mikrodalgada (360W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	95
<b>EK B.4</b> : Mikrodalgada (600W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	95
<b>EK B.5</b> : Mikrodalgada (900W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	96
<b>EK B.6</b> : Ayçiçek yağında patates kızartılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin peroksit değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....	96
<b>EK B.7</b> : Fritözde kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	97
<b>EK B.8</b> : Mikrodalgada (360W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	97
<b>EK B.9</b> : Mikrodalgada (600W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	98
<b>EK B.10</b> : Mikrodalgada (900W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	98
<b>EK B.11</b> : Ayçiçek yağında patates kızartılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin konjuge dien( $K_{232}$ ) değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....	99
<b>EK B.12</b> : Fritözde kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	99
<b>EK B.13</b> : Mikrodalgada (360W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	100
<b>EK B.14</b> : Mikrodalgada (600W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	100



<b>EK B.15</b> : Mikrodalgada (900W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	101
<b>EK B.16</b> : Ayçiçek yağında patates kızartılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin konjuge trien( $K_{270}$ ) değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....	101
<b>EK B.17</b> : Fritözde kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	102
<b>EK B.18</b> : Mikrodalgada (360W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	102
<b>EK B.19</b> : Mikrodalgada (600W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	103
<b>EK B.20</b> : Mikrodalgada (900W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	103
<b>EK B.21</b> : Kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının toplam polar madde değerlerine kızartma yöntemi ve kızartma süresinin etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....	104
<b>EK B.22</b> : Kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının toplam kırılma indisi değerlerine kızartma yöntemi ve kızartma süresinin etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....	104
<b>EK B.23</b> : Fritözde kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	104
<b>EK B.24</b> : : Mikrodalgada (360W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	105
<b>EK B.25</b> : Mikrodalgada (600W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	105
<b>EK B.26</b> : Mikrodalgada (900W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	106
<b>EK B.27</b> : Kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının viskozite değerlerine kızartma yöntemi ve kızartma süresinin etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....	106
<b>EK B.28</b> : Kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının renk değerlerine kızartma yöntemi ve kızartma süresinin etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu.....	106

## 1. GİRİŞ

Kızartma, gıdanın 150-200°C sıcaklıktaki yenilebilir yağ içerisine daldırılması veya ısıtılan yüzeyle arasına ince bir yağ tabakası eklenmesi sonucunda gıdanın arzulan renk, doku ve lezzeti kazanarak kısa sürede pişmesini sağlayan; yağ, gıda ve ortam havası arasında eş zamanlı gerçekleşen bir ısı ve kütle transfer işlemidir (Farkas ve ark., 1996). Derin yağda kızartma bilinen en eski ve en yaygın gıda hazırlama tekniklerinden birisidir. Kızartılmış ürünler kendine has renk, tad, koku, doku gibi duyuşal özelliklere sahiptir. Kızartma yağının kalitesi kızartılmış gıdanın kalitesi açısından çok önemlidir.

Kızartma süresince yağ, hava ve nem varlığında yüksek sıcaklığa maruz kalmakta ve kızartma yağının ve kızartılmış ürünün kalitesinin bozulması ile sonuçlanan kapsamlı kimyasal ve fiziksel değişikliğe uğramaktadır. Bitkisel yağların derin yağda kızartma işlemi sırasında hidrolitik, oksidatif ve termal reaksiyonlara maruz kaldığı çok iyi bilinmektedir. Derin yağda kızartma sırasında yağın bozulma oranını tahmin etmek proseste yer alan pek çok değişken olduğu için kolay değildir. Örneğin kızartma sıcaklığı, kızartma süresi, ortamda oksijenin varlığı, kızartma ekipmanı, kızartma yağının özellikleri, kızartma yağı ile gıdanın bileşenleri arasında gerçekleşen reaksiyonlar gibi pek çok faktöre bağlı olarak kızartma yağı içerisinde yüzlerce farklı bileşik oluşabilir (Velasco ve ark., 2009). Kızartma yağlarında kızartma süresince 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 belirtilmektedir. Lipit oksidasyonunun tespit edilmesi kızartma performansı üzerine etkili olup, gıdanın ve yağın kalitesi açısından oldukça önemlidir.

Literatürde derin yağda kızartma işlemi sırasındaki proses şartlarının veya kullanılan yağın özelliklerinin yağdaki termal bozulmalar üzerine etkilerini inceleyen pek çok sayıda çalışma mevcuttur (Rossell, 2001; Aladedunye, 2015). Ancak farklı kızartma yöntemlerinin kızartma yağlarının kullanım süresinin uzatılması üzerine sınırlı sayıda çalışma tespit edilmiştir. Shyu ve ark., (1998) 105°C'de vakum altında kızartmanın palmiye, domuz ve soya yağlarının oksidatif stabiliteleri etkilerine

çalışmış ve vakumda kızartma işleminin tipik geleneksel derin yağda kızartma işlemine göre kızartma yağında daha düşük oranda oksidatif bozulmaya neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Mikrodalga, gıda endüstrisinde bazı gıda proseslerinde, zaman ve enerji tasarrufu, dolayısıyla besin değerinin korunması, işlem kontrolü ve seçici ısıtma sağlayabilmesi açısından birçok avantaj sağlamaktadır. Mikrodalgaların derin yağda kızartma işleminde kullanılması ile ilgili literatürde sınırlı sayıda çalışma vardır (Oztop ve ark., 2005; Sahin ve ark., 2007; Barutcu ve ark., 2009). Yapılan bu çalışmalarda farklı kızartma koşullarının (yağ, mikrodalga gücü, süre gibi) ürün kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmaların sonuçlarına bakıldığında mikrodalga kullanılarak kızartma yapılması, kızarmış gıda ürünlerinin kalitesini artırmak için alternatif bir yol olarak önerilebilir.

Bu çalışmanın esas amacı geleneksel derin yağda kızartmaya bir alternatif olarak kızartma işleminde mikrodalga kullanımının, ülkemizde kızartma amacıyla sıklıkla kullanılmakta olan bitkisel yağlardan rafine edilmiş ayçiçek yağının termal stabilitesi üzerine etkilerinin araştırılmasıdır. Yağlardaki termal değişim bilgilerinin çoğu, yağları kızartma sıcaklığına ürün olmadan ısıtarak elde edilmektedir. Bu yaklaşım, kızartma koşullarından kaynaklanan yeni bileşiklerin oluşumu ile gıdanın etkileşiminden kaynaklanacak yeni bileşiklerin oluşumunu ayırt etme avantajı getirmektedir. Bu nedenle bu çalışma iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda gerçek kızartma işlemini temsil edecek olan bir ardışık ısıtma döngüsü, ürün olmadan gerçekleştirilmiş ve bu işlemin kullanılan ayçiçek yağının bir takım fizikokimyasal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. İkinci kısımda ise aynı döngü kullanılarak patates kızartılmış ve bu işlemin hem yağ hem de kızartılmış ürün kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla ayçiçek yağı 5 gün süre ile gerçek kızartma işlemini temsil edecek şekilde bir ısıtma/kızartma döngüsüne tabi tutulmuştur. Her bir ısıtma/kızartma döngüsünde yağ mikrodalga fırın veya fritöz kullanılarak 180°C ye ısıtılmış, bu sıcaklıkta 3 dakika tutulduktan sonra 15 dakika süre ile soğumaya bırakılmıştır. Bu döngü günde 15 kez olmak üzere 5 gün süreyle tekrarlanmıştır. Bu işlemlerde mikrodalga gücünün etkisini gözlemlemek amacı ile 3 farklı güç seviyesi kullanılmıştır (360W, 600W ve 900W). Her gün ısıtma/kızartma işlemi tamamlandıktan sonra alınan yağ örneklerinde yağın stabilitesini araştırmak amacıyla peroksit, serbest yağ asitliği, konjuge dien, konjuge trien, toplam polar madde,

kırılma indisi, viskozite, renk analizleri yapılmış ve yağın yağ asitleri kompozisyonu belirlenmiştir. Buna ek olarak elde edilen kızartılmış patates örneklerinde yağ, nem içeriği ve renk analizleri gerçekleştirilmiştir.

## **2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Kızartma işlemi, derin kızartma ve sığ (temaslı) kızartma olarak ikiye ayrılmaktadır. Derin yağda kızartma işleminde, yağ gıdanın tüm yüzeyini kaplandığından, yüzeyin her noktasında ısı transferi eşit olur. Bu sayede kızartılmış ürün kalitesi derin yağda kızartmada daha iyidir.

### **2.1 Derin Yağda Kızartma**

Derin yağda kızartma, yiyeceklerin, suyun kaynama noktasının üzerindeki bir sıcaklıkta, genellikle 150-200°C'de, yenilebilir katı veya sıvı yağa daldırarak pişirilmesi işlemidir.

Derin yağda kızartmada, ısı ve kütle transferi aynı anda gerçekleşir. Isı transferi yağdan gıdaya konveksiyonla, gıda içerisinde ise kondüksiyon ile gerçekleşir. Kızartma işlemi nem transferi açısından dört bölüme ayrılmaktadır. İlk aşamada ürünün yüzey sıcaklığı başlangıç sıcaklığından suyun kaynama noktası sıcaklığına gelmektedir. Bu aşama çok kısa sürede gerçekleşmektedir ve üründen ihmal edilebilecek oranda su çıkışı olmaktadır. İkinci aşamada yüzeydeki su süratle buharlaşmakta ve ardından gıdanın yüzeyinde kabuk oluşumu görülmektedir. Üçüncü aşamada gıdanın toplu nem kaybı olmaktadır. En uzun bu basamak sürmekte ve gıdanın merkez bölgesinin sıcaklığı suyun kaynama noktasına yaklaşmaktadır. Son basamak ise buhar kabarcıklarının bittiği nokta olarak belirtilmektedir ve gıdanın nem kaybının sonlanması ile tanımlanmaktadır. Kızartma işlemi sırasında, gıdanın iç bölgesindeki sıcaklığın hızla yükseldiği ve suyun kaynama noktası çevresinde sabit kaldığı, kabuk sıcaklığının ise suyun kaynama noktasının üzerine çıkmaya devam ettiği pek çok araştırmacı tarafından gösterilmiştir (Farkas ve ark., 1996; Hubbard ve Farkas, 2000; Velez-Ruiz ve ark., 2002). Buharlaşma gıdada büzölmeye ve kabuk oluşumuna da yol açar (Mellema, 2003). Kabuk oluşumu kızarmış yiyecekler için önemli bir kalite kriteridir.

Isı, yağdan gıdaya aktarılırken, yağ suyun gıdadan buharlaşmasıyla oluşan gözeneklerden gıdaya nüfuz eder. Bu nedenle yağ emilimi büyük ölçüde gıdanın nem içeriği ile belirlenir (Gamble ve ark., 1987; Saguy ve Pinthus, 1995). Özellikle yüksek nem içeriğinde, oluşan buhar, gözeneklerin içinde aşırı basınç oluşturarak gıdanın yağ emilimini azaltır. Ancak, gıda kızgın yağ içerisinden çıkarıldıktan sonra, sıcaklığının düşmesi ve gözeneklerdeki buharın yoğunlaşması sebebi ile buharın bu bariyer özelliğinin sona erdiği bilinmektedir (Mellema, 2003). Bu yoğunlaşma mekanizması, gıdanın yüzeyine yapışan yağın ürün içine çekilmesine neden olan vakum etkisi yaratmaktadır (Gamble ve ark., 1987). Kızartma boyunca oluşan kompleks ısı ve kütle transferi ürünün kendine has tekstürü ve lezzetini oluşturmaktadır (Devseren ve ark., 2016).

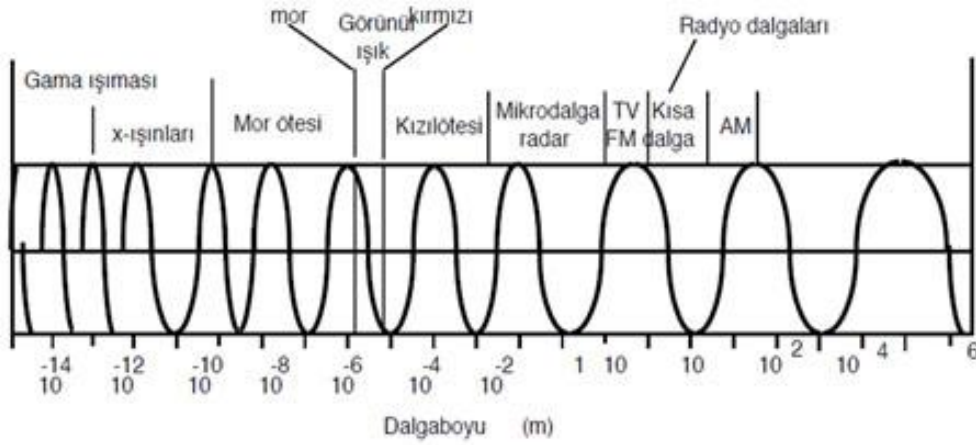
Derin kızartma sırasında yağ, hava ve gıdayla yüksek sıcaklıkta temas etmektedir bu da yağda oksidatif, hidrolitik ve termal değişikliklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu eş zamanlı kompleks reaksiyonlar, yağın kalitesini değiştiren birçok bileşiğin oluşumuna neden olmaktadır (Velasco ve ark., 2009). Literatürde, derin kızartma sırasında farklı tip yağlarda meydana gelen fizikokimyasal değişimleri inceleyen pek çok sayıda çalışma vardır (Serjouie ve ark., 2010; Siddique ve ark., 2010; Rehab ve ark., 2012; Mishra ve ark., 2014; Zhang ve ark., 2016).

Ayrıca, geleneksel kızartma yöntemlerinde yenilikçi yaklaşımlar kullanılarak da bazı araştırmalar yapılmıştır. Crosa ve ark., (2014) ve Nazarbakhsh ve ark., (2014) kızartma işlemi sırasında vakum veya bazı gazların kullanılmasının, geleneksel kızartma yöntemine kıyasla yağ bozulma oranını azalttığını gözlemlemiştir.

## **2.2 Mikrodalga Kızartma**

Gıda endüstrisinde mikrodalga en çok pişirme, çözme, kurutma, dondurarak kurutma, temperleme, pastörizasyon, sterilizasyon ve ısıtma işlemleri için kullanılmaktadır. Evlerde ve endüstride mikrodalga kaynağı olarak magnetron tüpü kullanılmaktadır. Ev tipi mikrodalga fırınlarda 2450 MHz frekans, gıda endüstrisinde de 2450 MHz ya da 915 MHz frekanslar kullanılmaktadır. Mikrodalgalar dalga boyları 300 MHz (1 metre) ve 300 GHz (1 milimetre) arasındaki frekansları

kapsamaktadır. Mikrodalgaların iyonize edici özellikleri yoktur ve elektromanyetik spektrumunda radyo dalgaları ile kızılötesi ışınlar arasında bulunmaktadır (Şekil 2.1).



**Şekil 2.1** Elektromagnetik spektrum

Mikrodalga ısıtmada, ısıtma mekanizması geleneksel yöntemlerden farklılık gösterir. Mikrodalganın iyonik kondüksiyon (iyonik interaksyon) ve dipolar rotasyon olmak üzere iki ısıtma prensibi vardır. Mikrodalga ısıtma işlemi sırasında gıdanın içerisinde hacimsel ısınma gerçekleşmektedir (Datta, 1990). Hacimsel ısınma, maddelerin mikrodalga enerjisini direkt olarak iç kısımlarda absorbe etmesi ve bu enerjiyi ısıya dönüştürmesi ile gerçekleşmekte ve mikrodalga ile ısıtmanın en önemli özelliği olmaktadır. Mikrodalgalar, termal ya da termal olmayan mekanizmalar yoluyla biyolojik dokular ile etkileşime girebilir. Gıdaların mikrodalga ısıtma sırasında ısıtma performansını etkileyen en önemli parametre dielektrik özelliği olarak açıklanmaktadır. Mikrodalganın çeşitli gıda bileşenleri ile farklı şekillerde etkileştiği de bilinmektedir.

Mikrodalgada kızartma, geleneksel kızartmaya alternatif olabilen bir yöntem ve kızarmış yiyecek kalitesini artırmak için yeni bir teknoloji olarak önerilmektedir (Sahin ve ark., 2007; Barutcu ve ark., 2009).

Kızartma işleminde mikrodalga kullanımı ile ilgili literatürde yapılmış olan çalışmalar vardır. Bu çalışmalarda, farklı mikrodalga kızartma koşullarının ürün kalitesine olan etkileri araştırılmıştır.

Barutçu, (2009) farklı un tiplerinin ve kızartma yönteminin tavuk ürünlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkilerini araştırmış ve mikrodalgada kızartma işlemi ile derin yağda kızartmaya göre daha açık renk ile daha yüksek gözeneklilik ve daha düşük sertlik değerlerine sahip ürünler elde edildiğini rapor etmiştir. Ayrıca yine aynı çalışmada, 1.5 dakika süre ile mikrodalgada kızartılan örneklerin akrilamid seviyelerinin fritözde 5 dakika süre ile kızartılanlara kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Şahin ve ark., (2007) 400W mikrodalga güç seviyesinde, 1.0 dakika süre ile kızartılmış patateslerin, geleneksel derin yağda 4.5 dakika süre ile kızartılmış patateslerden %87.85 daha düşük akrilamid içeriğine sahip olduğu bildirmişlerdir. Oztop ve ark., (2007) mikrodalga kızartma işleminin derin yağda kızartmaya kıyasla patateslerde yağ emiliminin azalttığını rapor etmişlerdir. Chen ve ark., (2007) balık nuggetlarının kaplama kısmında mikrodalga kızartma ve derin yağda kızartma işlemleri sonucu benzer yağ oranları tespit etmişlerdir. Bunun yanında mikrodalganın diğer bir avantajı da işlem süresini önemli derecede kısaltmasıdır. Mikrodalgada kızartma işlemi sırasında, gıda içerisindeki hacimsel ısınma nedeniyle artan iç basınç gıdadan nem kaybının hızını artırmakta ve bu sayede kızartma işleminin süresini kısaltmaktadır (Datta, 1990; Feng ve Tang, 1998; Sahin ve Sumnu, 2009). Yapılan bu çalışmaların sonuçları, mikrodalga kızartmanın, kızarmış yiyeceklerin kalitesini arttırmanın yeni bir yolu olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir.

Literatürde mikrodalgada ısıtma işleminin farklı türdeki yağların bazı fizikokimyasal ve termal özellikleri üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar bulunmaktadır. Albi ve ark., (1997) farklı tipte yağları (ayçiçek yağı, yüksek oleik ayçiçek yağı, sızma zeytin yağı, zeytinyağı ve domuz yağı) konvansiyonel elektrikli fırın ve mikrodalga kullanarak 120 dakika süreyle ısıtmışlar ve mikrodalgada ısıtılan yağ örneklerindeki değişimin daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Gharachorloo ve ark., (2010) patatesleri kızartma yağı ve ayçiçek yağı içerisinde 20 dakika süre ile mikrodalganın 550W güç seviyesinde kızartmışlar ve bu işlemi günde üç kez olmak üzere beş ardışık gün süre ile tekrarlamışlardır. Çalışmanın sonucunda 20 dakika sonunda yağ sıcaklığının 150°C ye kadar yükseldiği ve yağların asit değerleri, peroksit değerleri, polar bileşikleri ve indüksiyon sürelerinde önemli değişiklikler olduğu kaydedilmiştir. Bendini ve ark., (2009), deodorize edilmiş zeytinyağının, konvansiyonel fırında 1 saat süre ile ısıtma ve mikrodalga fırında 750W gücünde 9

dakika süre ile ısıtma işlemleri sonucu, oksidatif ve hidrolitik bozunmasındaki farkı araştırmışlar ve çalışma sonucunda mikrodalgada ısıtma işleminin daha düşük 1,3-diasilgliserol (DAG) ve ikincil oksidasyon ürünleri oluşumunu sağladığını rapor etmişlerdir.

Borges ve ark., (2015) mikrodalgada ısıtma işlemi sırasında yağ tipinin fizikokimyasal özellikleri etkileyen önemli bir faktör olduğunu tespit etmişlerdir. Yoshida, (1993) mikrodalga işleminde, doymamışlık derecesinin saflaştırılmış bitkisel yağların (soya fasulyesi, aspir ve kolza tohumu) oksidasyonundaki etkisini araştırmış ve yüksek seviyede doymamış yağ asitleri içeren bitkisel yağların mikrodalga ışınlamasına daha duyarlı olduğunu bildirmiştir. Borges ve ark., (2015) 45 gram baru yağının ve soya yağının mikrodalga fırında (1000W) 15 dakika süre ile ısıtılması sonucu PUFA çeriklerinde %1 oranında azalma olduğunu rapor etmişlerdir.

Mikrodalga güç seviyesi gıdaların mikrodalgada ısıtılmasını etkileyen önemli bir faktördür. Ghosh ve ark., (2014) 500W, 650W ve 800W güç seviyelerinde 10 dakika süre ile ısıtılan 40gr yağ örneğinin sıcaklıklarının sırası ile 70°C, 140°C, and 300 °C değerlerine çıktığını tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmada en yüksek güç seviyesinde 5 dakika ısıtma işlemi sonucunda susam ve soya yağlarının asitlik değerlerinde önemli derecede artış gösterdiği, ancak 15 dakika ısıtma işlemi sonucu yağda yanma gözlemlendiği için yağın kalite parametrelerinin belirlenemediği rapor edilmiştir.

### **2.3 Ayçiçek Yağı**

Ayçiçeği yağı, yağ oranı %39-45 arasında değişen *Helianthus annuus* bitkisinin tohumlarından elde edilen bir yağdır. Dünyada ayçiçeği ekimi yapılan başlıca ülkeler; Rusya, Ukrayna, Arjantin, Macaristan, Fransa, İspanya, Hindistan ve Türkiye'dir. Ülkemizde özellikle Trakya ve Marmara bölgelerimizde ayçiçeği bitkisinin tarımı önemli bir yer tutmaktadır. Ayçiçeği yağı, rafine edilmek suretiyle likit olarak tüketilebildiği gibi, margarin üretiminde hammadde olarak da yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Ayçiçek yağı %15 doymuş, %85 doymamış yağ asidi içermekte; doymamış yağ asitlerinin %14-43'ünü oleik asit, %44-75'ini de linolenik asit oluşturmaktadır. Ayçiçek yağının yağ asitleri kompozisyonu Çizelge 2.1'de verilmektedir.



**Çizelge 2.1** Ayçiçek yağı yağ asitleri kompozisyonu (Kırbaşlar ve ark., 2012)

Yağ Asitleri	% Oran
C14: 0	0.10
C16: 0	6.93
C16: 1	0.14
C18: 0	3.99
C18: 1 n-9	23.64
C18: 2n:6	63.42
C20: 4n:6	-
C18: 3n-3	0.08
C20: 0	0.30
C22: 5n: 3	0.07
C22: 6n: 3	-
Toplam doymuş yağ asidi	11.32
Tekli doymamış yağ asidi	23.78
Çoklu doymamış yağ asidi	63.57

Yüksek oranda (yaklaşık %71) çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) içeren ayçiçeği yağı (Zambiazi ve ark., 2007), Türkiye'de yaygın olarak kullanılan bir bitkisel yağdır (Kaya ve ark., 2008). Ayçiçeği yağının PUFA içeriği esas olarak linoleik yağ asidinden (%48-74) kaynaklanmaktadır (Gupta, 2011). Linoleik asit ve palmitik asit genellikle yağ bozulma derecesini ölçmek için gösterge olarak kullanılır, çünkü linoleik asit oksidasyona daha duyarlıdır. Zribi ve ark., (2014) ardışık 10 kızartma işleminden sonra ayçiçek yağı içindeki PUFA miktarında belirgin bir azalma gözlemişlerdir. Arroyo ve ark., (1992) çalışmasında patates kızartmak için ayçiçek yağı kullanmışlardır. Toplamda 60 kızartma yapmışlardır. Toplam polar madde %3.75'ten %27.28'e yükselmiştir. Kızartma yağındaki analiz sonuçlarından patateslerin derin yağda kızartılmasında hidrolitik bir işlem yerine yoğun termo-oksidatif bir olayın gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Romero ve ark., (1998) ayçiçek yağında çeşitli dondurulmuş gıdalar kızartmışlar, kızartma yağı azaldığından dolayı taze yağ eklemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, derin yağda kızartma işlemi boyunca sık sık taze yağ ilave edilmesinin, kızartma yağlarında termo-oksidatif ve hidrolitik değişiklikleri en aza indirdiğini ve yağların kullanım ömrünü uzattığını belirtmişlerdir. Farhoosh ve ark., (2011) çalışmalarında ayçiçek

yağında, günde 8 saatten 4 gün süre ile ardarda kızartma işlemi yapmışlardır. Ayçiçek yağı örneklerinde yapmış oldukları analizler sonucu, toplam polar madde oranının 2.8'den 28.9'a çıktığını, serbest yağ asitliği değerinin ise 5.4 kat artmış olduğunu bulmuşlardır.

#### 2.4 Kızartma Yağlarında Oluşan Değişimler

Derin yağda kızartmada süresince yağda oluşan kimyasal değişimler Çizelge 2.2'de verilmektedir.

**Çizelge 2.2** Kızartma işleminde oluşan kimyasal reaksiyonlar

Zaman	Reaksiyon	Ürünler
Soğutma	Otooksidasyon	Hidroperoksit, karbonil
Kızartma	Otooksidasyon	Ester, alkol, su
Öncesi-sonrası	İzomerizasyon	Yağ asitleri,
	Termal polimerizasyon,	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , gliserol
	termal oksidasyon	Trans-izomerler
	ve piroliz	eter, epoksit, dallanmış
		zincirli yağ asitleri
Kızartma Sırası		mono-di-gliserit, gliserol,

Doymamış yağ asidi zinciri havadaki oksijen molekülüyle tepkimeye girerek hidroperoksitleri oluşturmaktadır. İlk oksidasyon ürününün en az %95'inin hidroperoksitlere dönüştüğü, %5'inin de siklik peroksit veya epoksiperoksitler halinde olduğu belirtilmiştir. Oluşan hidroperoksitler dayanıklı olmayıp oksijenli yada oksijensiz reaksiyon sonucu farklı ürünlere dönüşmektedir. Kızartma yağının kullanılma zamanı arttıkça ikincil ürün olan karboniller, ortamdaki hidroperoksitlerin alkoksi ve hidroksi radikallerine ayrılması ve zincir parçalanması sonucunda, aldehit ve alkil radikallerinin oluşmasıyla ortaya çıkmaktadır. Ayrıca hidroperoksitten asit ve dehidrasyonla keton da oluşmaktadır. Oluşan aldehitler dayanıklı olmadıklarından, yeniden okside olarak polimerizasyon reaksiyonlarının oluşmasına yol açmaktadır. Kızartma işleminde uçucu bileşikler buhar ile ortamdaki uzaklaşsa da polimerizasyon sonucu uçucu olmayan bazı ürünler oluşmaktadır. Öte yandan, ortamdaki su nedeniyle; yüksek sıcaklıkta önemli oranda yağ hidrolize olmakta ve serbest yağ asitleri, mono, digliserit ve gliserin oluşmaktadır. Bu ürünler sadece kızartma yağında kalmayıp kızarmış yiyecek tarafından absorbe edildiğinden tüketici tarafından da tüketilmiş olmaktadır.

Derin yağda kızartma sırasında yağ kalitesinin bir göstergesi olarak renk, viskozite gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal (serbest yağ asitliği, peroksit değeri, spesifik sönme katsayıları, toplam polar madde, TOTOX değeri, p-anisidin değeri, yağ asidi bileşimi vb.) parametreler kullanılmaktadır (Serjouie ve ark., 2010; Osawa ve Gonçalves, 2012).

#### **2.4.1 Serbest Yağ Asitliği (SYA)**

Serbest yağ asitliği, yağın yapısındaki trigliserit yapıdan bağımsız olan yağ asitlerini ifade eder. Yağlardaki asit sayısı 1 gram yağın nötrleştirilmesi için gerekli olan sodyum hidroksit ya da potasyum hidroksitin mg cinsinden ağırlığı olarak ifade edilmektedir. Serbest yağ asitliği yağ için önemli bir kriterdir ve kızartma yağlarının kalitesini izlemek için sıkça kullanılmaktadır. Serbest yağ asitleri oksidasyon ve hidroliz ile, kızartma sırasında oluşmaktadır. Hidroliz bazı uzmanlara göre derin yağda kızartma sırasında meydana gelen temel kimyasal reaksiyon olarak kabul edilmektedir (Barbanti ve ark., 1994). Gıdaların içindeki su ile yağ arasındaki reaksiyon yağ asitlerinin serbest kalmasına neden olmakta ve bununla birlikte, gıdanın nem içeriğinin hidroliz reaksiyonunu destekleyen tek önemli değişken olmadığı bildirilmektedir (Velasco ve ark., 2009).

Quiles ve ark., (2002) sızma zeytinyağı, zeytinyağı ve ayçiçek yağı kullanarak fritözde derin yağda kızartma yapmışlardır. 15 dakika, 30 dakika, 45 dakika ve 60 dakika boyunca kızartma işlemi sırasında her 7.5 dakikada bir parti patates kızartılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde her üç yağ için de SYA değerlerinde herhangi bir değişiklik kaydedilmemiştir. Bunun serbest yağ asitlerinin uçuculuğuna bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bir başka çalışmada 180°C de 30 saat boyunca ısıtılan ayçiçeği yağının SYA değerlerinin ısıtma süresince sabit kaldığı bildirilmiştir. Bu durum yağın yüksek termal stabilitesi ile açıklanmıştır (Gharby ve ark., 2014).

#### **2.4.2 Peroksit Sayısı (PS)**

Peroksit sayısı yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsüdür ve 1 kg yağda bulunan peroksit oksijeninin miliekivalen gram olarak miktarını açıklamaktadır. Yağların depolanmaları sırasında oksijenin, ışığın, sıcaklığın ve metal iyonları gibi nedenlerin katalitik etkisiyle bozulmalar oluşmaktadır. Bununla birlikte oksijen, doymamış yağ asitlerini parçalayarak daha küçük moleküllü yağ

asitlerinin oluşumuna yol açmaktadır. Aynı zamanda deodorizasyon işleminin de etkili bir şekilde yapıp yapılmadığını da göstermektedir. Peroksit sayısı lipid oksidasyonunun birincil ürünleri olan ara hidroperoksitlerin oluşumunu ölçmekte ancak ikincil oksidatif ürünler hakkında bilgi vermemektedir (Lalas, 2009).

Lukesova ve ark., (2009) mikrodalga fırında, petri kabına koymuş oldukları çeşitli yağları (25 g) farklı zaman aralıklarında ısıtmışlardır. Yapılan çalışmada ayçiçek yağı örneğinin peroksit değeri, 25 dakika mikrodalgaya maruz kalma süresinde oldukça hızlı bir şekilde yaklaşık 36 meqO<sub>2</sub>/kg'a kadar yükselmiştir ve daha sonra 30. dakikada hızlı bir şekilde 15-18 meqO<sub>2</sub>/kg aralığına kadar düşmüştür. Daha kısa ısıtma süresinde daha yüksek peroksit sayısı elde edilmiştir. Bulut ve ark., (2010) beş gün boyunca ardışık kızartma işlemine tabi tutulan ayçiçeği yağının stabilitesini araştırmışlar ve peroksit değerinin başlangıçtan ikinci güne kadar arttığını ve daha sonraki günlerde yavaş yavaş azaldığını kaydetmişlerdir. Gharachorloo ve ark., (2010) yapmış oldukları çalışmada ardışık beş gün boyunca mikrodalgada kızartma işlemi sırasında ayçiçek yağının peroksit sayısının sürekli artarak 2.19'dan 15.73 meqO<sub>2</sub>/ kg değerine yükseldiğini kaydetmişlerdir. Fritözde ısıtılmış yağın peroksit değeri ise ısıtma günleri boyunca oldukça istikrarlı bir artış göstermiş ve 5 gün sonra 8.71 meqO<sub>2</sub>/kg'a ulaşmıştır. Mudawi ve ark., (2014) patates kızartma işleminin 4. gününde ayçiçek yağının peroksit sayısının 8.8 meqO<sub>2</sub>/kg değerine çıktığını ancak bu değer analiz beşinci gününde aniden 4.7 meqO<sub>2</sub>/kg'a düştüğünü gözlemişlerdir.

#### **2.4.3 Özgül Soğurma Değerleri (K<sub>232</sub> ve K<sub>270</sub>)**

Konjuge dien ve konjuge trien ölçümü, yağların oksidatif stabilitesinin belirlenmesi için iyi bir parametre olduğu belirtilmektedir (Shahidi ve ark., 1997). Metilen ile kesilmiş dien veya polien içeren lipitler, oksidasyon sırasında çift bağ pozisyonlarında bir kayma göstermektedir. Elde edilen konjuge dienler 232 nm'de yoğun emilim sergiler; benzer şekilde konjuge trienler 270 nm'de absorbe edilmektedir.

Konjuge dienlerin miktarındaki artış, çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile orantılıdır (Abdulkarim ve ark., 2007; Marmesat ve ark., 2009). K<sub>270</sub> değeri aldehidler, alkoller, ketonlar, asitler, polimer ve dairesel bileşikler gibi ikincil

oksidasyon bileşiklerinin göstergesidir (Laguerre ve ark., 2007). Gharby ve ark., (2014) 180 °C de 30 saat boyunca ısıtılan ayçiçek yağının  $K_{270}$  değerinde 2.13'den 2.69'a sürekli bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Bu trend hurma yağı için de benzerlik göstermektedir. Ancak kolza yağının  $K_{270}$  değerlerinin ilk yükselişten sonra sabit kaldığı görülmüştür. Albi ve ark., (1997) 120 dakika boyunca mikrodalga fırında ve elektrikli fırında hava konveksiyonuyla 20ml ayçiçek yağını ısıtmış ve mikrodalga ısıtmasında  $K_{232}$  ve  $K_{270}$  ortalama değerlerinin daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

#### **2.4.4 Toplam Polar Madde (TPM)**

Kızartma yağlarının polar içeriklerinin belirlenmesi doğruluk ve tekrarlanabilirlik açısından en güvenilir yöntemlerden biridir. Polar madde içeriği, kızartma sırasında polaritesi trigliseritlerden daha yüksek maddelerin oluşumunu gösteren bir değerdir. TPM, kullanılmamış kızartma yağında steroller, tokoferoller, mono ve digliseritleri, serbest yağ asitlerini ve trigliseritlerden daha polar olan yağda çözünen diğer bileşenleri içermektedir. Kızartmada Kullanılmakta olan Katı ve Sıvı Yağlar için Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliğinde de en yüksek toplam polar madde %25 olarak belirtilmiştir. Türkiye'nin yanında, İspanya, Portekiz, Fransa, Almanya, Belçika, İsviçre, İtalya ve Hollanda gibi bazı Avrupa ülkelerinde kızartma yağlarında toplam polar madde miktarı için limit değerler bulunmaktadır. Bu ülkelerin bazıları için de bu limit %25 olarak belirlemiştir (Firestone ve ark., 1991). Hampikyan ve ark., (2011), toplam polar madde tayininde en güvenilir yöntem kolon kromatografisi olmasına rağmen kızartma işlemi sırasında pratik ve hızlı olan sensör okuma tekniği kullanmışlardır. Aydeniz ve ark., (2012), kanola yağında hamur formulasyonunu kızartmışlardır. Gün sonunda TPM değerleri hem sensör okuma tekniği ile hem de kolon kromatografisi yöntemiyle ölçülüp karşılaştırılmıştır. Daha önceki laboratuvar denemelerinden de beklendiği üzere benzer sonuçlar almışlardır. Kanola yağının TPM değeri 5 günlük kızartma periyodunda %6.72'den %23.5'e arttığını bildirmişlerdir.

#### **2.4.5 Yağ Asidi Kompozisyonu**

Yağlar, gliserol ve yağ asitlerinin birleşiminden oluşan trigliseritlerden oluşan bileşiklerdir. Gliserol bütün yağ bitkilerinde aynı formdadır, yağ asitleri ise farklı kompozisyonlarda bulunmaktadır (Baydar, 2000). Yağ asitleri yağın en önemli

öğesidir. Yapısında karboksil grubu (-COOH) bulunan düz bir hidrokarbon zinciridir. Karboksil grubu ve çift sayılı karbon atomu içerenler hakim yağ asitleri olarak tanımlanmaktadır (Nas ve ark., 2001; Kayahan, 2003). Hidrokarbon zincirindeki karbon sayısı, karbon atomları arasında çift bağ olup olmaması, çift bağ var ise bulunduğu yeri ve sayısı gibi yağ asitleri kendine has özelliklerle birbirinden ayrılırlar (Baydar, 2000).

Yağ asitleri karbon-karbon atomları arasında tek bir kovalent bağ ile oluşan (Nas ve ark., 2001) ve oda sıcaklığından katı formda bulunan yağ asitleri (Anon, 2004) doymuş yağ asitleri olarak isimlendirilmektedir. Laurik asit (C12:0), Miristik asit (C14:0), Palmitik asit (C16:0), Stearik asit (C18:0), Araşidik asit (C20:0) ve Behenik asit (C22:0) en önemli doymuş yağ asitlerine örnek olarak verilebilir.

Doymamış yağ asitleri ise karbon zincirleri arasında bir veya daha fazla kovalent çift bağ içermektedir. Yapılarındaki çift bağlardan dolayı daha reaktifler ve bu reaktivlik çift bağ sayısına göre artmaktadır (Nas ve ark., 2001). Yapısında bir adet çift bağ bulunduran yağ asitleri tekli doymamış ya da monoenoik yağ asitleri olarak adlandırılmaktadır. Palmitoleik asit (C16:1) ve Oleik asit (C18:1) bu gruba girmektedir. Birden fazla çift bağ bulunduran yağ asitleriyse çoklu doymamış ya da polienoik yağ asitleri olarak adlandırılmaktadır. Linoleik (C18:2), Linolenik (C18:3), Araşidonik (C20:4), Eikosapentaenoik (C22:5) ve Dokosaheksaenoik (C22:6) asit önemli çoklu doymamış yağ asitleridir.

Yağlık bitkilerin, yağ asitleri sentezi genetik, ekolojik, morfolojik ve kültürel uygulamalarla değiştiği yapılan araştırmalarla tespit edilmiştir (Baydar, 2000). Türkiye’de üretilen ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) varyetelerinin büyüme şartları yağ asitliği kompozisyonu üzerinde belirleyici etkisi olduğu belirtilmiştir (Alpaslan ve Gündüz, 2000). Ayçiçeği bitkisi tohum doldurma dönemindeki hava sıcaklıkları yağ asitleri kompozisyonunu etkilemektedir (Anastasi ve ark., 2000).

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, yağların yüksek sıcaklıklarda ısıtılması işlemi sırasında çoklu doymamış yağ asitleri içeriğinde azalma olduğu rapor edilmiştir (Zambiazi ve ark., 2007; Gharachorloo ve ark., 2010 Zhang ve ark., 2016).

#### **2.4.6 Viskozite**

Yağların viskozite değerleri trigliseritlerin kimyasal özellikleri, trigliseritlerde yer alan yağ asitlerinin doymamışlık dereceleri ve zincir uzunluklarıyla doğrudan ilişkilidir. Kızartma sırasında viskozite değişimi renk değişikliğiyle birlikte yağdaki bozulmanın önemli işaretlerindedir (Tyagi ve ark., 1996). Yağın viskozitesi dimerler, trimerler, polimerler, epoksitler, alkollerin ve hidrokarbonların artan bozulma ürünlerinden güçlü bir şekilde etkilenmektedir (Stevenson, 1984).

Dutt ve ark., (1989) yaptıkları çalışmada kızartma süresi ve yağ sıcaklığının yağın viskozitesini önemli oranda etkilediğini belirtmişlerdir. Yaşdağ ve ark., (2017) yaptıkları çalışmada, kızartma yağı olarak ayçiçek ve pirina yağı kullanmışlar, 5 gün boyunca fritözde 180C'ye ısıttıkları yağ içerisinde 50 g patatesi 3 dakika süre ile kızartmışlar ve bu işlemi günde 8 kez tekrar etmişlerdir. Gün sonunda alınan yağ numunesi kadar taze yağ eklenmiştir. Kızartma işleminin başında pirina yağının ayçiçek yağına göre daha viskoz olduğu görülmüştür. Kızartma sonunda ise viskoziteler ölçüldüğünde ayçiçek yağının viskozitesinin pirina yağına göre daha çok arttığı gözlenmiştir.

#### **2.4.7 Renk**

Kızartma yağındaki renk değişimi oksidasyon kaynaklı bozulmanın göstergelerinde biridir. Yağın renk yoğunluğunun artışı okside trigliserit ve serbest yağ asitleri gibi uçucu olmayan dekompozisyon ürünleri oluşmasının bir sonucudur (Yaşdağ ve ark., 2017). Pantzaris, (1998) yaptığı çalışmasında 180C'deki rafine zeytinyağı, ayçiçek yağı, soya fasulyesi yağı ve palm oleini yağı içerisinde, 5 ardışık gün süre ile, günde 14 kez olmak üzere, 2.5 dakika boyunca patates kızartmıştır. Gün sonu alınan yağ örnekleri incelendiğinde beş gün boyunca en düşük renk içeriğinin soya yağında olduğu gözlenmiştir. Ayçiçek yağının renk değerinin ise düzenli bir şekilde arttığı görülmüştür. Ancak kızartma yağlarındaki kararmaların patates cipslerinin rengini etkilemediği görülmüştür. Gharachorloo ve ark., (2010) yaptıkları çalışmada mikrodalga fırında ayçiçek yağı ve antioksidan eklenmiş kızartma yağında 5 gün ardarda günde 3 kez patates kızartmışlardır. Ayçiçek yağının kırmızılık değeri ve sarılık değerinin, kızartma yağından çok daha düşük olduğu belirlenmiştir. Buna, Maillard reaksiyonu veya kızartma yağı içerisinde doğal olarak bulunan pigmentlerin sebep olabileceği belirtilmiştir.

#### **2.4.8 Kırılma İndisi**

Kırılma indisi, ışığın boşlukta yayılma hızının madde içindeki yayılma hızına oranıdır. Kırılma indisi refraktometre ile ölçülmektedir. Çeşitli endüstri sektörlerinde saflık kontrolünde, şeker tayininde, derişim tayininde erime ve kaynama noktası belirlenmesinde, petrolde aromatik hidrokarbonların analizlerinde kırılma indisinden yararlanılmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'nde ayçiçek yağının 25°C'de kırılma indisi aralığı 1.461-1.471 olarak verilmektedir. Kızartma yağları hakkında araştırma sonuçlarında ısıtma prosesiyle hızlanan oksidasyonla kırılma indisinin de doğrusal olarak arttığı belirtilmiştir (Farhoush ve ark., 2008).

#### **2.5 Gıda ile Kızartma Yağı Arasındaki Etkileşimler**

Derin yağda kızartma işleminde, gıdanın yüzeyi tamamen kızartma yağı ile çevrenir ve birkaç dakika içinde gıdanın yüzeyinin dehidrasyonu, yağ emilimi, lezzet verici bileşiklerin oluşumu, yüzey renginin gelişmesi gibi farklı olaylar meydana gelir. Aynı zamanda kızartma işlemi süresince, derin yağda kızartma sırasında uygulanan yüksek sıcaklık gibi koşullar nedeniyle, kızartma yağı da bozulmaya uğrar.

Kızartma işlemi sırasında gıdada oluşan temel değişimler su kaybı ve yağ emilimidir. Su kaybını ve yağ emilimini etkileyen ana parametreler sıcaklık ve zamandır. Yapılan çalışmalar, yağ emiliminin, kullanılan kızartma yağının kalitesine de bağlı olduğunu göstermektedir. Kızartma yağının viskozitesinin artmasının, gıdanın yüzeyini saran yağ miktarının artmasına, öte yandan gıda ve yağ arasındaki arayüzey geriliminin azalmasına ve böylelikle gıdanın yağ emilim oranının artmasına neden olabileceği bildirilmiştir (Dobargenes ve ark., 2000). Yüksek sıcaklıklardaki kızartma işlemi sırasında, kızartma yağları ile gıda bileşenleri arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu kızarmış ürünün istenilen renk, tad, tekstür gibi duyu özellikleri açısından önemlidir.

Kızartma işlemi sıcaklıklarında, yağda pek çok farklı bozunma reaksiyonu gerçekleşmektedir. Ayrıca bunun yanında, gıda kalitesi, kızartma yağının kalitesinden büyük ölçüde etkilense de, kızartılan yiyeceğin kızartma yağının kalitesi üzerindeki etkisi de benzer derecede önemli olabilir. Literatürde, gıdalardan kızartma



yağına sızan minör bileşiklerin yağ performansını ve kalitesini kolayca değiştirebileceği bildirilmektedir (Pokorny, 1980; Stevenson ve ark., 1984; Jintus ve ark., 1995; Pokorny, 1998). Dobargenes ve ark., (2000) kullanılan kızartma yağlarının fiziksel veya kimyasal özelliklerinin değişmesine neden olabilecek ana bileşikleri aşağıdaki gibi sıralamışlardır:

- Fosfolipitler ve emülgatörler gibi amfifilik bileşikler erken köpürmeye neden olabilmektedir.
- Kızartma yağına sızan yağda çözünen vitaminler ve iz metaller antioksidan veya prooksidan etkilerine bağlı olarak yağ oksidasyonunu inhibe edici ya da hızlandırıcı etki gösterebilmektedir.
- Hayvansal gıdalardan gelen kolesterolün bitkisel kızartma yağlarında bulunduğu tespit edilmiştir ve bu kolesterol sonraki kızartma işlemlerinde kızartılan diğer gıdalar tarafından absorbe edilebilmektedir.
- Pigmentler ve Maillar reaksiyonu sonucu oluşan ürünler kızartma yağının oksidasyonuna karşı duyarlılığını değiştirmekte ve renkte koyulaşmaya katkıda bulunabilmektedir.
- Gıdalarda veya gıdalara ilave edilen baharatlarda bulunan fenolik bileşikler kızartma yağının stabilitesini artırabilmektedir.
- Balık ve soğan gibi yoğun aromalı yiyeceklerden gelen uçucu bileşikler tadın bozulmasına katkıda bulunabilmektedir.

Ön kızartma işleminden geçmiş gıdalarda, ön kızartma işleminin değişkenlerine bağlı olarak önemli miktarda, kullanılmış, bileşimi ve kalitesi bilinmeyen kızartma yağı absorbe edilmektedir. Aynı zamanda ön kızartma işleminin bir sonucu olarak yağ genellikle gıdanın dış katmanlarında absorbe edilmekte ve ikinci kızartma işlemi sırasında yüzeyde absorbe edilen bu yağ, kızartma yağı ile temas etmektedir (Thomson ve ark., 1983; Pozo Diaz ve ark., 1995). Kullanılan yağ ve ön kızartma işlemine tabi tutulan gıda tipinden bağımsız olarak, kızartılmış gıdaların yağ içeriğinin %90'ından fazlasının kızartma yağından geldiği, önceden kızartılmış gıdaların içerdiği yağlarının %85'inden fazlasının ise kızartma yağına salındığı bildirilmiştir (Dobargenes ve ark., 2000).

## 2.6 Kızartılmış Ürünlerin Kalite Kriterleri

Kızartma esnasında ısının etkisiyle üründe oluşan değişimler nişastanın jelatinizasyonu, protein denatürasyonu, renk ve aromanın oluşumu, nem içeriğinde azalma, yağ emilimi, kabuk oluşumu, gıdanın büzülmesi yada kabarması olarak belirtilmektedir (Devseren ve ark., 2016).

Kızartılmış ürün kalitesi üzerinde etkili olan pek çok faktör vardır. Kızartılmış ürünün kalitesi sadece hammaddelerin (kızartılan gıda, kızartma yağı) kalitesi ile değil aynı zamanda gıda ön işleme, gıda geometrisi, kızartma metodu ve kızartma işlemi gibi parametreler ile de ilgilidir.

Yağ oranı kızartılmış ürünlerin başlıca kalite kriterlerinden bir tanesidir. Kızartılmış üründen suyun buharlaşması ile oluşan gözenekleri yağ doldurmaktadır. Kızartmada gıdanın yağ absorpsiyonunu etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar; ürünün fiziksel ve kimyasal özellikleri, kızartma yağının yapısı, proses koşulları, ön işlem ve kızartma sonrasında yapılan işlemler ve kabuk oluşumu olarak açıklanmaktadır (Baumann ve Escher, 1995; Krokida ve ark., 2000, Kassama ve Ngadi, 2004). Ürünün fiziksel özelliklerinden şekli, boyutu, gözeneklilik hali, yoğunluğu ve yüzey alanının pürüzlü oluşumu yağ absorpsiyonunu etkilemektedir. Kimyasal özelliklerinden de nem oranı ve nişastanın jelatinizasyonu absorpsiyonda etkili olmaktadır (Gamble ve ark., 1987; Devseren ve ark., 2016). Yapılan çalışmalarda yağ emiliminin nem içeriği ile negatif korelasyon gösterdiği bulunmuştur (Şahin ve ark., 2000). Mikrodalga kızartma işleminde de benzer bir korelasyon gözlenmiştir, ancak mikrodalga kızartma işleminde yağ emilimi oranına kıyasla nem kaybı oranı daha yüksek bulunmuştur (Öztop, 2005). Öztop, (2005) patateslerde, mikrodalgada kızartma işleminde geleneksel kızartmaya kıyasla daha düşük yağ emilimi tespit etmiştir. Mikrodalga gücü seviyesi ve kızartma süresi, yağ içeriğini etkileyen önemli faktörlerdir.

Kızartılmış gıdaların kalite unsurlarından biri de renktir. Tüketiciler kızartma işleminin sonunu belirlemek için genellikle ürünün rengini kullanır. Kızartma sırasında, dehidrasyon ve yüksek sıcaklık kombinasyonu kahverengi kabuk oluşumuna neden olur. Kızartılmış gıdaların tüketiciler tarafından arzu edilen rengine katkıda bulunan temel reaksiyonlar indirgen şeker ve proteinler arasında gerçekleşen

Mailları reaksiyonlarıdır. Bunun dışında kızartma yağının emilmesi, kızartılmış ürünün yoğunluğu, kızartma sıcaklığı ve süresi kızartma işlemi sırasında renk gelişimine neden olan diğer faktörlerdir (Loewe, 1993). Artan kızartma sıcaklığı ve süresi ile patates (Oztop, 2005) ve tavuk kanadı (Doğan ve ark., 2005; Ngadi ve ark., 2007) gibi ürünlerin renginde koyulaşma olduğu rapor edilmiştir.

Bu çalışmada kızartma işleminde patates kullanılmıştır. Patates (*Solanum tuberosum* L.) Amerika'nın keşfiyle bulunan sebzelerden biridir. Tek yıllık bir kültür bitkisi olan patates, çeşitli iklim bölgelerine kolaylıkla uyum sağlayabildiği için, dünyanın hemen her yerinde başarıyla yetiştirilmiş ve besin kaynağı olarak değişik şekillerde kullanılarak tüketimi hızlı bir şekilde artmıştır (Arıoğlu, 2002). 100 gr'lık patates yumrusu; normal bir insanın gereksinim duyduğu günlük proteinin minimum %7'sini, demirin %10'unu, C vitamininin %20-50'sini, B1 vitamininin %10'unu ve enerjinin %3'ünü karşılamaktadır. Yumrularında; nişasta halinde karbonhidrat, protein, vitaminler ve demir gibi önemli besin maddelerini içeren patates, insanlar tarafından doğrudan mutfaklarda tüketildiği gibi, işlenerek değişik şekillerde (cips, parmak patates vs.) tüketilmektedir.

Dünya patates üretiminin 2017 yılında yaklaşık 388 milyon ton olduğu rapor edilmiştir (FAOSTAT, 2019). Patates kızartması, gençler tarafından oldukça tercih edilen bir üründür (Demirezen, 2005; Turan, 2009). Ancak kızartılmış patatesin içerdiği yüksek yağ oranı, sağlık açısından olumsuz sonuçlar yaratmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, kızartılmış ürünlerin tüketilmesiyle obezite ve obeziteye bağlı sağlık problemleri, kalp hastalıkları, kanser ve tip-2 diyabet arasında bağlantı olduğu belirtilmiştir (Stott-Miller, 2013; Chaill, 2014). Kızartma süresinde oluşan bazı bileşiklerin beslenmeyle insan vücuduna potansiyel zararlı maddeler olarak kabul edilmektedir (Lamboni ve Perkins, 1996; Saguy ve Dana, 2003; Totani ve ark., 2008). Günümüzde tüketiciler besinlerin lezzetli olmasının yanında sağlıklı olmasına da dikkat etmektedirler (Moreira, 2014). Bu nedenle kızartma işleminde kızartılmış besinlerin duyu kalitesi bozulmadan yağ emilimini azaltmak için çalışmalar yapılmaktadır (Ziaifar, 2008). Besin değerini kaybetmeden kızartılmış gıda özelliği gösteren, ekstrüzyon, kurutma ve fırınlama gibi farklı teknikler denenmiştir. Fakat bu uygulamalardan hiçbiri kızartmadaki lezzet, doku ve görünüş gibi kalite parametrelerini doğal olarak da beklentiyi karşılayamamıştır (Dueik,

2010). Bu istekleri karşılamak için farklı kızartma yöntemleri denenmiştir vakum kızartma da buna bir örnektir. Vakum kızartma atmosferik basınçta olan kızartmaya alternatif olarak düşük basınç ve sıcaklıkta uygulanan bir işlemdir (Mariscal, 2008; Moreira, 2014; Diamante, 2015). Basıncın düşmesiyle suyun kaynama noktası düşmektedir. Bu da gıdanın içindeki suyu düşük sıcaklıklarda kaynatmakta ve kızartma işlemi atmosferik koşullardaki kızartma işlemine göre daha düşük sıcaklıkta gerçekleşmektedir. Ayrıca vakum kızartma tekniğinin rengi korurken daha düşük yağ emilimi sağladığı rapor edilmiştir (Garayo ve ark., 2002; Pandey, 2012).

Mikrodalga kızartma tekniği de geleneksel kızartmaya alternative olarak önerilen kızartma tekniklerinden bir tanesidir (Oztop ve ark., 2007; Barutçu, 2009). Oztop ve ark., (2007) patateslerin renk gelişiminde mikrodalga güç seviyesinin, kızartma süresinin ve yağ tipinin önemli birer faktör olduğunu göstermişlerdir.

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

Bu çalışmada kullanılan ayçiçek yağı yerel bir firmadan (Çotanak, Altaş Gıda A.Ş., Ordu) 2 litrelik ambalajlarda satın alınmıştır. Ayçiçek yağı çalışmada kullanılabildiği kadar serin ve kuru yerde depolanmıştır. Dondurulmuş patates (French fries, Superfresh, Bursa) ulusal bir marketten satın alınmıştır. Sıcaklığını değiştirmeyecek termal çantalarda nakledilerek, kızartma işlemine kadar (-18°C'de) derin dondurucuda saklanmıştır. Deneylerin yapılmasında kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıkta olup Merck (Darmstadt, Germany), Sigma Chemicals Co. (St. Louis, MO, ABD)' dan satın alınmıştır. Yağ aside metil esteri standart karışımı (Restek Food Industry FAME Mix, cat# 35077), Superchrom (Milan, Italy)'dan satın alınmıştır.

#### **3.2 Yöntem**

##### **3.2.1 Ardışık Isıtma İşlemi**

Her bir deneme için ayçiçek yağının 2 L'si cam bir kap içerisine konularak ev tipi mikrodalga fırının (Bosch HMT84G421) döner tablasının merkezine yerleştirilmiştir. Oda sıcaklığında olan yağ 180±1°C'ye kadar seçilen 3 farklı mikrodalga gücü (360W, 600W ve 900W) kullanılarak ısıtılmış ve bu sıcaklığa

ulaşıldığında mikrodalga fırın 3 dakika süre ile aynı güçte çalıştırılmıştır. Her ısıtma periyodundan sonra fırının çalışması 15 dakika süre ile durdurulmuştur. Bu ısıtıp soğutma döngüsü gün boyunca 15 kez olmak üzere 5 gün süreyle tekrarlanmıştır. Her gün sonunda yağdan analizi yapılacak yağ örneği (100 ml) alınmış ve amber renkli kapalı cam şişeler içerisine konularak  $-18^{\circ}\text{C}$  'de analizi yapılana kadar muhafaza edilmiştir. Tekrar aynı işlem uygulanacak yağ cam kabın kapağı sıkıca kapatılarak oda sıcaklığında ertesi güne kadar bekletilmiştir. Karşılaştırma amaçlı olarak 2 L ayçiçek yağı fritöz (Tefal, Fransa) içerisine konularak aynı ısıl işlem döngüsüne maruz bırakılmıştır. Isıtılma işlemlerinin hiçbir basamağında yağ ilavesi yapılmamıştır.

### 3.2.2 Ardışık Kızartma İşlemi

Çalışmanın ikinci bölümünde yağın ısıtılmasında kullanılan aynı döngü kullanılarak kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla yağ  $180\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar ısıtıldıktan sonraki her 3 dakikalık sürede 50gr dondurulmuş patates kızartılmıştır. Burada amaç kızartılan ürün ile yağ arasındaki etkileşimlerin kızartma süresince yağın termal stabilitesi üzerine etkisinin incelenmesidir. Isıtma deneylerinde olduğu gibi gün sonunda kızartma yağından analizi yapılacak yağ örneği (100 ml) alınıp, amber renkli kapalı cam şişelere konularak  $-18^{\circ}\text{C}$  'de analizi yapılana kadar muhafaza edilmiştir. Kızartma işleminin hiçbir basamağında yağ ilavesi yapılmamıştır.

Ayçiçek yağının oda sıcaklığından  $180^{\circ}\text{C}$ 'ye ısıtılması fritözde 9 dakika, mikrodalğanın 360W, 600W ve 900W güçleri için ise sırasıyla 65, 33 ve 25 dakika sürmüştür. Ardışık ısıtma/kızartma işlemlerinin birinci günü, ayçiçek yağının oda sıcaklığından  $180^{\circ}\text{C}$ 'ye ilk ısıtma ve takip eden  $180^{\circ}\text{C}$ 'de bekletme, soğutma, tekrar ısıtma sürelerini içeren ortalama işlem süresi fritöz için ortalama 5.6 saat sürerken, mikrodalğanın 360W, 600W ve 900W güçleri için ise sırasıyla 11.6, 7.5 ve 7.4 saat sürmüştür.

Çalışmanın bu kısmında yağ analizlerine ek olarak kızartılmış patateslerin yağ, renk, nem gibi kalite özellikleri de belirlenmiştir. Bu amaçla 1., 3. ve 5. günlerin son döngüsünde kızartılmış olan patatesler kullanılmıştır.

### 3.2.3 Yağda Yapılan Analizler

Fritöz kullanılarak ısıtılan yağdan alınan (FI), mikrodalga'nın 360W gücü (MI 360W), 600W gücü (MI 600W) ve 900W gücü (MI 900W) kullanılarak ısıtılan yağlardan alınan örnekler ile fritözde kızartma işlemi sonucunda alınan (FK), mikrodalga'nın 360W gücü (MK 360W), 600W gücü (MK 600W) ve 900W gücü (MK900W) kullanılarak patates kızartılması işlemi sonucu elde edilen yağlarda yapılan analizler aşağıdaki gibidir.

#### 3.2.3.1 Serbest yağ asitliği (SYA)

Serbest yağ asitliği tayini için, AOCS official method Ca 5a-40 (AOCS, 2005)'a göre fenolftalein indikatörüne karşı, %95 etil alkol içinde çözülmüş örnek 0.01 N sodyum hidroksit ile titre edilmiş ve sonuçlar oleik asit (%) cinsinden belirlenmiştir.

$$\% \text{ Serbest Yağ Asitliği (SYA)} = \frac{0.01 \times \Delta V \times 282}{10 \times m} \quad (1.1)$$

Burada,

$\Delta V$  : Harcanan 0,01 N Sodyum Hidroksit (ml)  
m : Analizde kullanılan yağ miktarını (g) ifade etmektedir.

#### 3.2.3.2 Peroksit sayısı (PS)

Peroksit sayısı analizi AOCS official method Cd 8-53 (AOCS, 2005)'a göre yapılmıştır. 2 g yağ örneği 25 ml asetik asit-kloroform (3:2 (v/v)) ve 1 ml doymuş potasyum iyodür çözeltisi eklendikten sonra 1 dakika karıştırılmış ve 5 dakika karanlık odada bekletilmiştir. Bu süre sonunda 75 ml kaynamış soğumuş saf su ve 1ml nişasta çözeltisi ilave edilmiştir. 0.02 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile sarı renk görünene kadar titre edilmiştir. Kör deneme ile gerekli düzeltmeler yapılmış. Peroksit sayısı metottaki formüle göre, meqO<sub>2</sub>/kg olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Peroksit Sayısı} = \frac{2.8 \times (V_2 - V_1) \times F}{m} \text{ meqgO}_2/\text{kg} \quad (1.2)$$

Burada,

$V_2$  : Titrasyonda harcanan 0.02 N sodyum tiyosülfat çözeltisi(ml)  
 $V_1$  : Şahit denemede harcanan 0.02 N sodyum tiyosülfat çözeltisi (ml)  
F : 0,02 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> çözeltisinin ayar faktörü  
m : Alınan numune ağırlığını (g) ifade etmektedir.

### 3.2.3.3 Özgül Soğurma Değerleri ( $K_{232}$ , $K_{270}$ )

Yağların önemli kalite parametrelerinden olan bu değerler, UV-VIS spektrofotometrede AOCS official method Ch 5-91 (AOCS, 2005)'e göre yapılmıştır. Birincil oksidasyon ürünleri olan konjuge dienler 232 nm'de, aldehit ve keton gibi ikincil oksidasyon ürünleri ise 270 nm'de absorblanmaktadır. Konjuge dien ( $K_{232}$ ) ve Konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerleri kuartz küvet kullanılarak ölçülen absorbans değerleri dikkate alınarak hesaplanan bir değer olup yağın kalitesi hakkında bilgi verir.

$K_{232}$  değerinin hesaplanması için yaklaşık 0.02-0.03 g tartılan yağ örneği,  $K_{270}$  değeri için ise yaklaşık 0.2-0.3 g tartılan yağ örneği, hekzan çözücüsü ile 10 ml'ye tamamlanmış ve vorteks karıştırıcı ile çözünmesi sağlanmıştır. 232 nm dalga boyunda UV-VIS spektrofotometrede (UV-mini 1240, SHIMADZU) ölçümler yapılmış ve absorbans değerlerinin 0.2-0.8 aralığında olmasına dikkat edilmiştir. 0.2 absorbans değerinden düşük absorbans değeri gözlemlendiğinde daha fazla örnek alınması, 0.8 absorbans değerinden fazla bir okuma yapıldıysa örneğin seyreltilmesi yöntemlerine gidilmiştir.

$$K_{\lambda} = E_{\lambda} / (c \times s) \quad (1.3)$$

Burada,

- $K_{\lambda}$  :  $\lambda$  nm'de özgül soğurma değeri  
 $E_{\lambda}$  :  $\lambda$  nm'de okunan absorbans değeri  
 $c$  : Çözeltinin konsantrasyonu (g/100ml)  
 $s$  : Küvetin kalınlığını(cm) ifade etmektedir.

### 3.2.3.4 Toplam Polar Madde (TPM)

150°C deki yağ örnekleri içerisine Testo 270 (Lenzkirch, Germany) enstrumanı probu daldırılarak belirlenmiştir. Günlük olarak polarimetre kullanımından önce TPM değeri %3.5±0.5 olan standart yağ çözeltisi ile kalibre edildikten sonra ölçümler yapılmıştır.

### 3.2.3.5 Kırılma İndisi

Oda sıcaklığındaki yağ örneklerinin kırılma indisi dijital el refraktometresi (Krüss, DR201-95) ile belirlenmiştir.

### 3.2.3.6 Viskozite

Örneklerin viskozitesi Vibro Viscometer (SV-10 Series, A&D Company, Limited, Japan) kullanılarak 25°C’de ölçülmüştür.

### 3.2.3.7 Renk

Yağ örneklerinin rengi Lovibond Tintometer (PFX 880) cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Bu analizler Çotanak Yağ Fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Kör ölçümü yapıldıktan sonra yaklaşık 50 ml yağ küvete konularak cihaza yerleştirilmiş ve ölçüm gerçekleştirilmiştir. Kırmızılık değeri R ile, sarılık değeri Y ile ve mavilik değeri B ile ifade edilmektedir.

### 3.2.3.8 Yağ Asidi Kompozisyonu

Örneklerin yağ asidi kompozisyonu analizleri Ordu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında, AOAC method 996.06 (AOAC, 1990)’ya göre gerçekleştirilmiştir.

## 3.2.4 Kızartılmış Patates (French fries) Örneklerinde Yapılan Analizler

### 3.2.4.1 Nem Miktarı

Patates örneklerinin etüvde 105°C’ de, sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar tutulmasıyla oluşan ağırlık kaybına göre hesaplanmıştır (AOAC, 1984).

### 3.2.4.2 Yağ Miktarı

Soxhlet ekstraksiyonu metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çözücü olarak n-hekzan kullanılmıştır (AOAC, 1984).

### 3.2.4.3 Renk

Örneklerin L\*, a\* ve b\* renk değerleri Konica Minolta (CR-400) renk ölçer cihazı ile CIE L\*, a\*, b\* sistemi kullanarak ölçülmüştür. L\* (açıklık-koyuluk), +a\* (kırmızılık-yeşillik), +b\* (sarılık-mavilik) renk değerlerini ifade etmektedir. Örneklerin toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \left[ (L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2 \right]^{1/2} \quad (1.4)$$

Burada,  $L_0$ ,  $a_0$  ve  $b_0$  dondurulmuş patatese ait referans değerlerdir ( $L_0 = 77.8$ ,  $a_0 = 1.3$ ,  $b_0 = 12.9$ ).



### 3.3.5 İstatistiksel Analizler

Tüm ardışık ısıtma/kızartma işlemleri 3 tekrarlı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Minitab17 istatistik paket programı kullanılarak istatistiki değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Tek yönlü ve iki yönlü varyans analiz tekniği ile (ANOVA) grup ortalamaları arasındaki farklar belirlenmiştir. Önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi'yle karşılaştırılmıştır ( $p < 0.05$ ).

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1 Ardışık Isıtma

Çalışmanın ilk kısmında, ardarda 5 gün boyunca farklı yöntemlerle ısıtma işlemine tabi tutulan ayçiçek yağından gün sonunda örnekler alınmıştır. Bu örneklerde ısıtma süresince yağdaki kalite değişimini takip edebilmek için serbest asitlik, peroksit, konjuge dien-trien, kırılma indisi, viskozite, toplam polar madde, renk analizleri yapılmış, yağ asidi kompozisyonları belirlenmiştir.

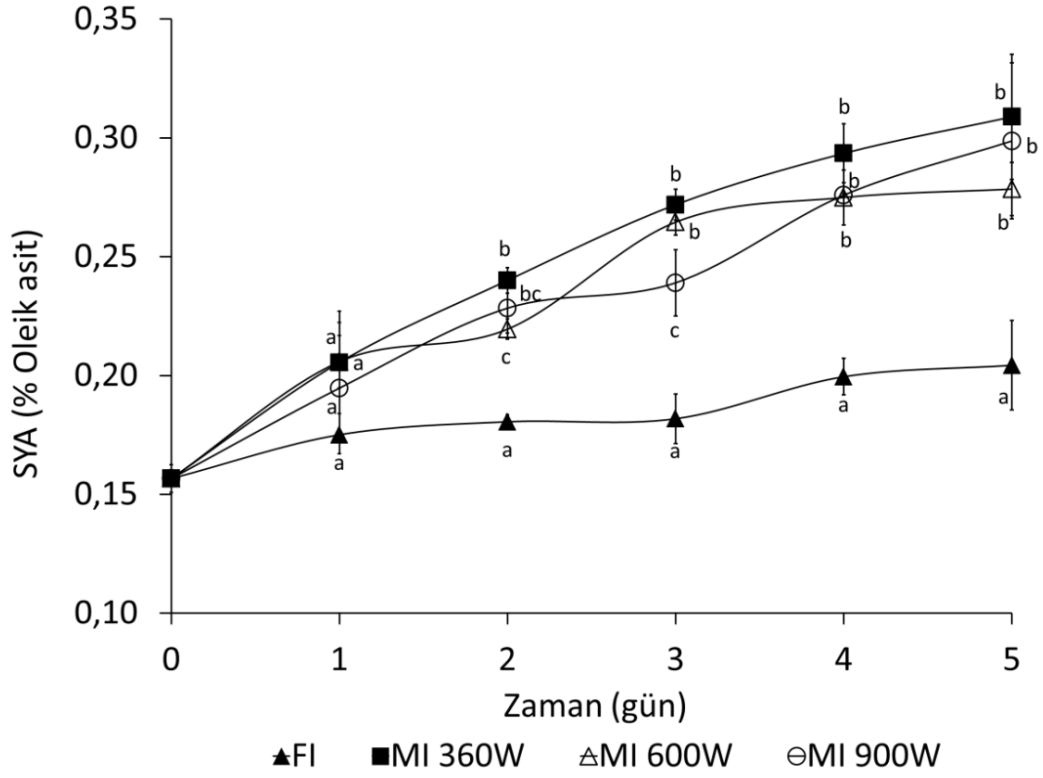
#### 4.1.1 Serbest Yağ Asitliği (SYA)

Serbest yağ asitliği, yağların kalite kontrolü ile ilgili olarak en sık kullanılan parametrelerden bir tanesidir. Serbest yağ asitlerinin kızartma sırasında oksidasyon ve hidrolizle oluştuğu bilinmektedir (Şahin ve Şumnu, 2009). Hidroliz bazı yazarlara göre derin yağda kızartma sırasında meydana gelen temel kimyasal reaksiyon olarak kabul edilmektedir (Barbanti ve ark., 1994). Kızartma sırasında yağlardaki hidroliz reaksiyonları sonucunda genellikle serbest yağ asitleri, monogliseridler, digliseridler ve gliserolden oluşan yapılar ortaya çıkmaktadır. Hidroliz, ısı ve gıdanın sıcak yağ içine daldırılmasıyla gıdadan buharlaşan suyun etkisiyle hızlanmaktadır. Gıdadaki su ve yağ arasındaki reaksiyon yağ asitlerinin serbest kalmasına yol açsa da, gıdaların nem içeriğinin hidroliz reaksiyonunu destekleyen tek önemli değişken olmadığı bildirilmektedir (Velasco ve ark., 2009).

Bu çalışmada 5 ardışık gün süre ile ısıtma işlemine tabi tutulan ayçiçeği yağı örneklerinin SYA değerleri Şekil 4.1.1'de verilmektedir.

Örneklerin SYA değerleri üzerine ısıtma metodu ve ısıtma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK A.1). FI, MI 360W, MI 600W ve MI 900W örneklerinin SYA değerleri, ısıtma süresinin sonunda yaklaşık 0.16'dan

sırasıyla 0.20, 0.31, 0.20 ve 0.30 (% oleik asit) değerlerine yükselmiştir. Fritözde ısıtılan ayçiçek yağının SYA değerindeki artış ısıtma işleminin 3. gününe kadar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, takip eden günlerde önemli derecede artarak işlem sonunda %0.20 değerine ulaşmıştır (EK A.2). Tekin ve ark., (2009) 5 gün süre ile günde 5 saat olacak şekilde 175°C'de fritöz içerisinde ısıtma işlemine tabi tutmuş oldukları rafine ayçiçeği yağının SYA değerinin sürekli artış gösterdiğini rapor etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada ayçiçeği yağının SYA değeri toplam 25 saatlik ısıtma işlem sonrasında 0.17'den 0.35 (%oleik asit) değerine çıkmıştır. Elde etmiş oldukları değer, bu çalışmadaki FI örneğinkine kıyasla daha yüksektir. Literatürde, ısıtma işlemi sonrasında farklı yağların SYA değerlerinde değişiklik olmadığını bildiren çalışmalar da vardır. Ayçiçeği yağı ile yapılan bir çalışmada, SYA değerinin 180°C'de 30 saatlik ısıtma süresi boyunca sabit kaldığı rapor edilmiş ve bu durum yüksek termal stabilite ile açıklanmıştır (Gharby ve ark., 2014).



**Şekil 4.1.1** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki serbest yağ asitliği (SYA) değerleri. Hata çubukları standart sapma değerlerini gösterir (n=3)

\*Aynı günde farklı harflere sahip ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0.05)

Mikrodalgada ısıtılan tüm örnekler için SYA değerleri artan ısıtma süresi ile artmaktadır (EK A.3-5). Hassanein ve ark., (2003) ekstrakte etmiş oldukları ayçiçeği yağını (16g), mikrodalga fırın içerisinde 18 dakika süre ile ısıtmışlar ve bu süre içerisinde yağın asitlik değerinin, bu çalışmadakine benzer şekilde, sürekli artarak 7.5 mg KOH/g yağ değerine ulaştığını rapor etmişlerdir. Borges ve ark., (2015) petri içerisinde konulmuş yaklaşık 45 g ham baru (*Dipteryx alata* Vog.) ve soya yağlarını 1000W gücünde 15 dakika süre ile ısıtmışlar ve bu süre içerisinde yağların serbest asitlik değerlerindeki değişimin farklı olduğunu gözlemişlerdir. Yapılan çalışmada, işlem sırasında baru yağının asitlik değerinin sürekli artış gösterdiği, soya yağının asitlik değerinde ise başlangıç değerine göre önemli bir değişim olmadığı rapor edilmiştir. Bu durumun yağların ekstraksiyon işlemi ile ilgili olabileceği, baru

yağının ekstraksiyonunda kalan suyun, ısıtma işlemi altında trigliseritlerden ve diğliseritlerden yağ asitlerinin hidrolizini kolaylaştırabileceği belirtilmiştir.

Isıtma işleminin ilk günü tüm yöntemlerin ayçiçek yağında benzer SYA değerleri sağladığı, takip eden günlerde ise mikrodalgada ısıtılmış yağ örneklerinin SYA değerlerinin fritözde ısıtılmış örneklere göre önemli derecede yüksek olduğu görülmektedir. Mikrodalgada ısıtma işlemi, tüm güç seviyelerinde, fritözde ısıtmaya göre SYA değerinde ilk günden sonra daha hızlı bir artışa neden olmuştur. Literatürde, mikrodalgada ısıtmanın ve konvansiyonel ısıtmanın yağ bozunması üzerindeki etkilerini karşılaştıran çalışmalara bakıldığında, hem işlem süresinin hem de işlem türünün hidrolitik bozunma derecesini etkileyen önemli faktörler olduğu görülmektedir (Albi ve ark., 1997 a, b; Bendini ve ark., 2009). Bu çalışmada, 5 günlük ısıtma işlemi süresince, yağın 180°C'ye ilk ısıtılmasını da kapsayan toplam ısıtma döngüsü süreleri fritözde, mikrodalga fırının 360W, 600W ve 900W güç seviyelerinde yaklaşık olarak sırasıyla 25.8, 53.7, 35.5 ve 32.3 saattir. Süreler arasındaki fark, yağın 180°C'ye ısıtılmasında kullanılan yöntemlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Artan mikrodalga güç seviyesinde yağ daha çabuk ısındığından toplam süre kısalmaktadır. Aynı ısıtma-soğutma döngüsü için, mikrodalgada ısıtılan örneklerin daha uzun bir süre yüksek sıcaklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Bu durumun, mikrodalga ısıtma sırasında ayçiçek yağının asitlik değerinin daha yüksek olmasının nedenlerinden biri olduğu düşünülmektedir.

Ayçiçek yağının SYA değerlerinin, mikrodalganın tüm güç seviyeleri için, ısıtma işleminin son iki gününde benzer olduğu görülmektedir. Ghosh ve ark., (2014) 40'ar gram rafine soya yağı ve susam yağını 5, 10, 15 ve 20 dakika süreler ile mikrodalga fırında farklı güç seviyelerinde (500W, 650W ve 800W) ısıtmışlar ve bu süreler sonunda yağların bir takım fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Her iki yağ için asitlik değerlerinin en düşük güç seviyesinde başlangıç değerine göre fazla değişmediği görülmüştür. En yüksek güç seviyesinde ise susam yağı için 10 dakika sonra, soya yağı için ise 5 dakika sonra serbest asitlik değerlerinin önemli derecede artış gösterdiği, 15. dakikadan sonra ise yağlarda gözlenen yanma nedeniyle serbest asitlik değerinin tespit edilemediği kaydedilmiştir. Yapılan çalışmada belirlenen sürelerde farklı güç seviyelerinde yağın ulaştığı sıcaklıkların farklı olduğu görülmektedir. Örneğin 10 dakika sonra yağ düşük güç seviyesinde

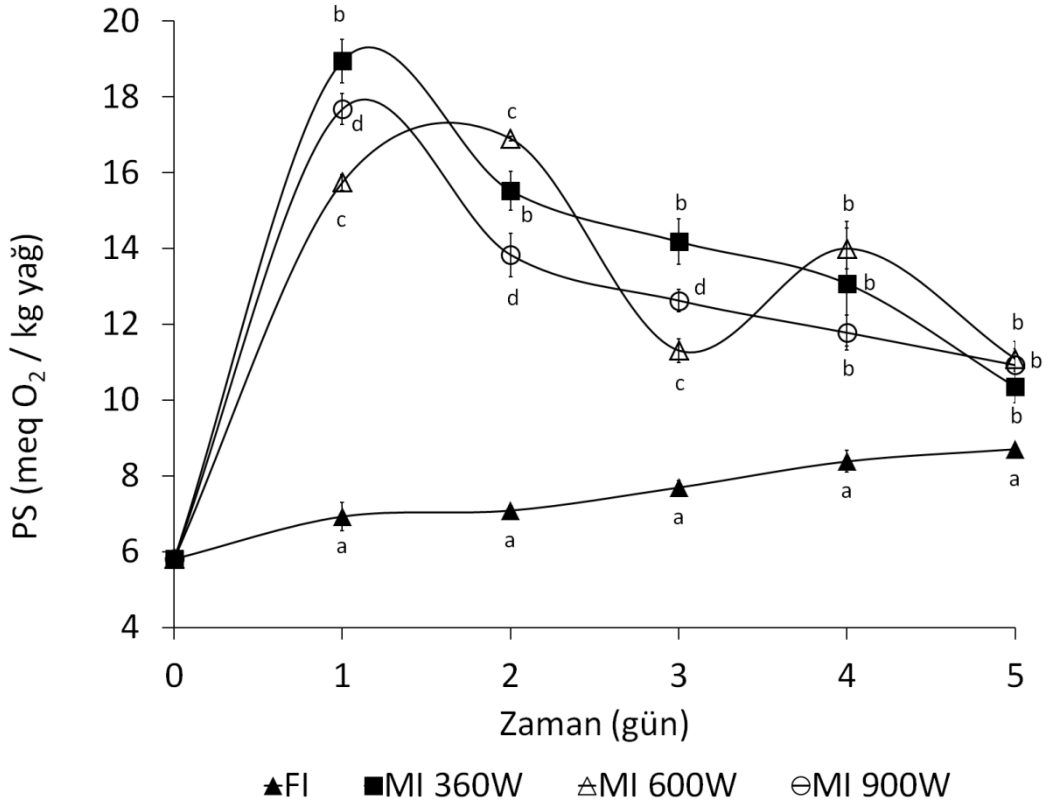
70°C sıcaklığa ulaşırken, yüksek güç seviyesinde 300°C'ye ulaşmaktadır. Yapılan bu çalışmada ise yağ örnekleri benzer ısıtma soğutma döngüsüne maruz bırakılmıştır. Ancak yağın 180°C ye ulaşması için gerekli ısıtma süreleri güç seviyesine göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle en düşük güç seviyesinde yağ yüksek sıcaklıklara daha uzun süre maruz kalmaktadır. En düşük güç seviyesinde SYA değerlerinin az da olsa diğer güç seviyelerine kıyasla yüksek olma nedeni bu durumdan kaynaklanıyor olabilir.

#### **4.1.2 Peroksit Sayısı (PS)**

Peroksit sayısı yağlarda oksidasyon sonucu oluşan hidroperoksitlerin miktarı hakkında bilgi vermektedir. Oksidasyonun birincil ürünleri olan hidroperoksitler dayanıklı olmayıp oksidatif bozunmaya yol açan bir seri ikincil ürünlere dönüşürler. Bu nedenle peroksit sayısı ikincil oksidatif ürünler hakkında bilgi vermemektedir (Lalas, 2009). Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'nde peroksit sayısının en çok 10 meqO<sub>2</sub>/kg olması gerektiği belirtilmektedir.

Örneklerin peroksit sayılarında ısıtma süresiyle meydana gelen değişim Şekil 4.1.2'de verilmektedir. Örneklerin peroksit sayıları üzerine ısıtma metodu ve ısıtma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK A.6). Fritözde ısıtılan yağ örneklerinin peroksit sayıları artan ısıtma süresi ile sürekli bir artış göstererek ısıtma işleminin son günü 8.71 meqO<sub>2</sub>/kg değerine yükselmiştir (EK A.7).

Tekin ve ark., (2009) ısıtılan yağlarda oluşan fizikokimyasal değişimleri araştırdıkları çalışmalarında farklı türde yağları günde 5 saat olacak şekilde 5 gün süre ile 175 ± 5°C'de ısıtma işlemi tabii tutmuşlar ve çalışma sonucunda tüm yağların peroksit değerlerinde sürekli bir artış olduğunu rapor etmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada ayçiçek yağının peroksit değeri işlem sonunda 4.67 meqO<sub>2</sub>/kg değerine ulaşmıştır. Diğer bir çalışmada Navas ve ark., (2006) elektrikli fırın kullanarak 2 gün süre ile 140°C'de ısıtmış oldukları mısır yağının peroksit değerinin başlangıçta dalgalanmalar gösterse de son 12 saat içerisinde hızla artarak 200 meqO<sub>2</sub>/kg değerine ulaştığını bildirmişlerdir.



**Şekil 4.1.2** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki peroksit değerleri(PS). Hata çubukları standart sapma değerlerini gösterir (n=3)

\*Aynı günde farklı harflere sahip ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0.05)

Mikrodalga ısıtma işleminin birinci gününde örneklerin peroksit değerlerinde önemli oranda bir artış gözlenmiştir. Birinci gün sonunda en yüksek PS, 360W gücünde mikrodalgada ısıtılan örneğe aittir. Birinci gün sonrasında ise artan ısıtma süresi ile örneklerin peroksit değerleri mikrodalganın tüm güç seviyeleri için azalma göstererek beşinci günün sonunda istatistiksel olarak benzer (10.35 ile 11.09 meqO<sub>2</sub>/kg arasında) değerlere ulaşmıştır (EK A.8-10). Hidroperoksitlerin kızartma koşullarında kararlı olmadıkları ve ikincil oksidasyon ürünlerine dönüştükleri bilindiğinden, ısıtma süresinin artmasıyla peroksit sayısındaki azalma beklenen bir sonuçtur. Lukesova ve ark., (2009) farklı türde bitkisel yağları, bir petri kabı içerisinde, mikrodalga fırın kullanarak farklı sürelerde ısıtmış ve ayçiçeği yağı örneğinin peroksit değerinin, 25 dakikalık mikrodalgaya maruz kalma süresinde

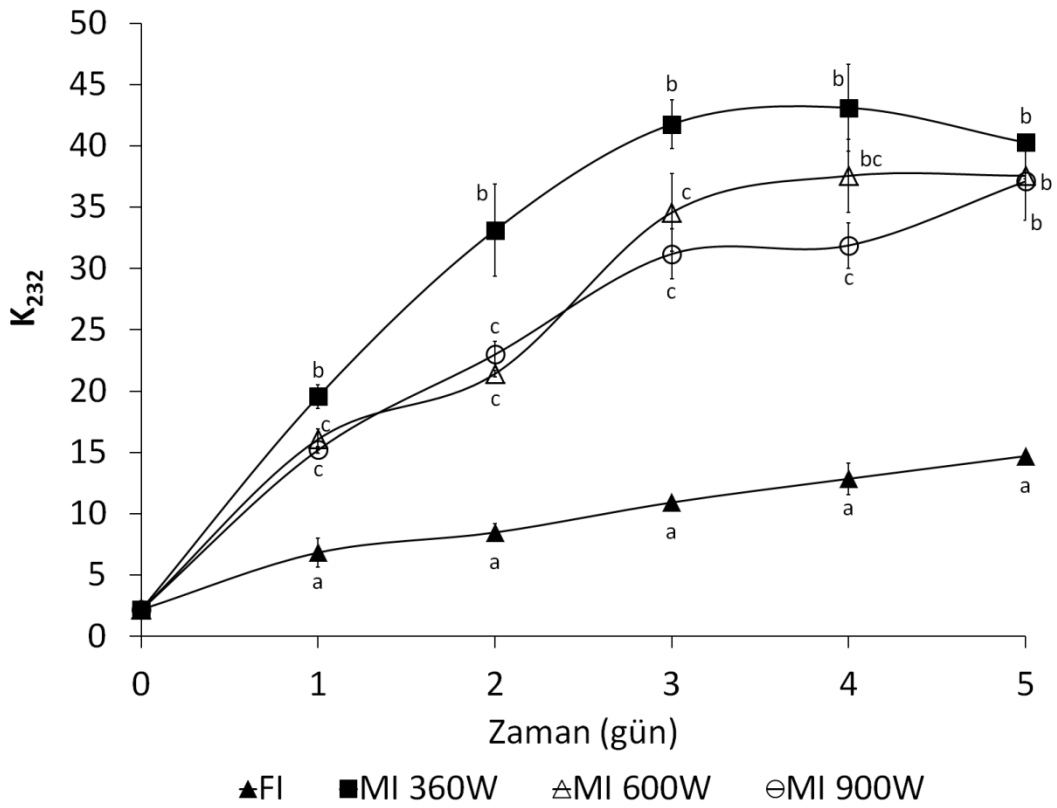
yaklaşık olarak 36 meqO<sub>2</sub>/kg'a oldukça hızlı bir şekilde yükseldiğini, sonrasında ise, 30 dakikada hızlıca 15-18 meqO<sub>2</sub>/kg değerine düştüğünü rapor etmişlerdir. Yapılmış olan çalışmada gerçek kızartma koşullarını temsil etmeyen model bir sistemin kullanıldığı ve bu çalışmadakine kıyasla daha kısa bir ısıtma süresinde daha yüksek peroksit değeri elde edildiği görülmektedir.

Bu çalışmada, ısıtma işlemi süresince fritözde ısıtılan yağın peroksit değerinin, mikrodalgada ısıtılan yağların peroksit değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir. İşlemin ilk günlerinde mikrodalgada ısıtılan örneklerin peroksit değeri fritözde ısıtılan örneğin peroksit değerinden yaklaşık iki kat fazla iken ısıtma süreci sonunda bu fark büyük ölçüde azalmıştır.

#### **4.1.3 Konjuge Dien (K<sub>232</sub>)**

Konjuge dienler hidroperoksitler gibi birincil oksidasyon ürünleridir. Hidroperoksitler konjugasyonun oluşmasına yol açar ve birincil oksidasyon ürünü olan konjuge dienler 232 nm'de okunur. Örneklerin K<sub>232</sub> değerleri Şekil. 4.1.3'te verilmiştir. Örneklerin K<sub>232</sub> değerleri üzerine ısıtma metodu ve ısıtma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK A.11). Fritözde ısıtılan yağ örneğinin K<sub>232</sub> değeri ısıtma işleminin birinci günü 2.19'dan 6.83'e yükselerek önemli derecede artış göstermiştir, daha sonraki günlerde de artan ısıtma süresi ile lineer olarak (R<sup>2</sup>=0.997) artarak işlem sonunda 14.70 değerine ulaşmıştır (EK A.12). Bu sonuç, önceki çalışmaların sonuçları ile uyumlu bulunmuştur (Chirinos ve ark., 2011; Aydeniz ve Yılmaz, 2012). Konjuge dienlerin miktarındaki artış, çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile orantılıdır (Abdulkarim ve ark., 2007; Marmesat ve ark., 2009). Oksidasyonun ilerleyen aşamalarında konjuge dienler ikincil oksidasyon ürünlerine bozulur. Marmesat ve ark., (2009)'na göre, peroksit değeri birincil oksidasyon bileşiklerinin değerlendirilmesi için daha güvenilir ve konjuge dien değerlerini bu amaçla kullanmak için bir kalibrasyon eğrisi (konjuge dienlere karşı peroksit değeri) gerekmektedir. Marmesat ve ark., (2009) 40°C'de hızlandırılmış oksidasyon sırasında ayçiçek yağının K<sub>232</sub> değeri ile peroksit değeri arasında doğrusal bir korelasyon tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, bu çalışmada da fritözde ısıtılan yağların peroksit değerleri ve K<sub>232</sub> değerleri arasında doğrusal korelasyon (R<sup>2</sup>=0.9896) olduğu tespit edilmiştir. Ancak, mikrodalga ile ısıtılmış örnekler için benzer bir korelasyon tespit edilememiştir.

Mikrodalga fırında ısıtılan örneklerin  $K_{232}$  değerleri tüm güç seviyeleri için üçüncü güne kadar önemli derecede artış göstermiştir (EK A.13-15). Daha sonrasında 360W gücünde ısıtılan örneğin  $K_{232}$  değeri 43.11 de pik yaptıktan sonra azalmış, 600W gücünde yaklaşık 37.11’de sabit kalmış, 900W gücünde ise artmaya devam ederek son gün 37.11 değerine ulaşmıştır. MI 600W ve MI 900W örnekleri ısıtma süresince benzer  $K_{232}$  değerlerine sahip iken MI 360W örneği ısıtma işleminin dördüncü gününe kadar daha yüksek  $K_{232}$  değerlerine neden olmuştur. Isıtmanın son gününde ise tüm güç seviyeleri için benzer  $K_{232}$  değerleri elde edilmiştir.



**Şekil 4.1.3** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki  $K_{232}$  değerleri. Hata çubukları standart sapma değerlerini gösterir (n=3)

\*Aynı günde farklı harflere sahip ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0.05)

Mikrodalga fırında ısıtma işleminde örneklerin  $K_{232}$  değerlerinin ısıtma süresince fritözde ısıtılan örneklere göre önemli derecede yüksek olduğu görülmektedir. Tüm yağ örnekleri aynı ısıtma-soğutma döngüsüne maruz



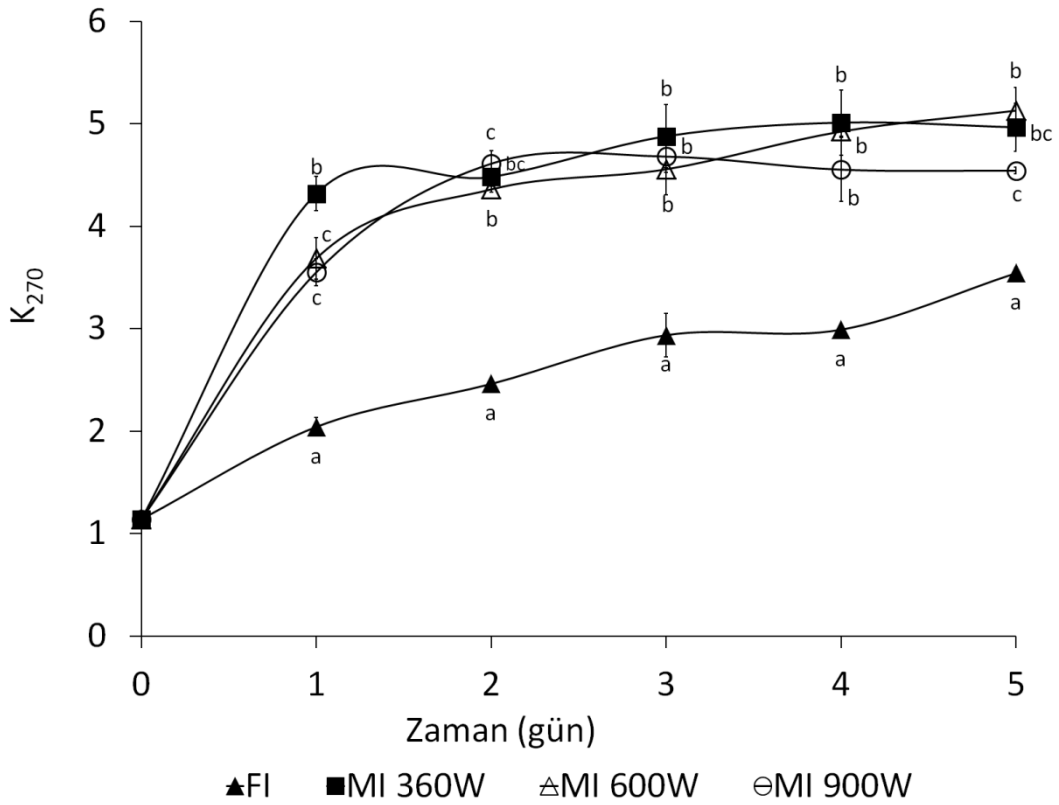
bırakılmıştır. Ancak yağın sıcaklığını oda sıcaklığından 180°C'ye çıkarmak için gerekli olan zaman fritözde, mikrodalga fırının 360W, 600W ve 900W güç seviyelerinde yaklaşık olarak sırasıyla 9, 65, 33 ve 25 dakika sürmektedir. Ayrıca 15 dakikalık soğutma sürelerinin ardından yağı tekrar 180 °C'ye çıkarmak için gerekli süre mikrodalga fırının 360W, 600W ve 900W güç seviyelerinde sırasıyla ortalama 325, 137 ve 107 dakika/gün'dür. Fritözde ise bu süre günlük ortalama 46 dakikadır. Fritözde ısıtılmış yağ örneğinin  $K_{232}$  değerlerinin, peroksit sayısına benzer şekilde, mikrodalgada ısıtılmış örneklerle göre daha düşük olmasının yağların yüksek sıcaklıklara maruz kalma sürelerinin farklı olmasından da kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde, mikrodalgada ısıtılmış örnekler karşılaştırıldığında en düşük güçte ısıtma süresinin daha uzun olması  $K_{232}$  değerindeki hızlı artışın nedenlerinden biri olabilir. Albi ve ark., (1997) mikrodalga ısıtmanın farklı tipte yağların termooksidatif degradasyonu üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, 20ml yağ örneğini 120 dakika süre ile mikrodalga enerjisine maruz bırakmışlar, ancak bu süre içerisinde yağın sıcaklığının 40°C'yi geçmemesi için 50 saniyelik aralıklar vermişlerdir. Çalışmanın sonucunda ısıtma olmaksızın mikrodalga enerjisinin yağlarda herhangi belirgin bir değişime neden olmadığı sonucunu elde etmişlerdir. Ancak, Albi ve ark., (1997a, b) mikrodalga enerjisinin, yağda bölgesel aşırı ısınmaya neden olarak, sıcaklığın etkisini artırabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada yağ yüksek sıcaklıklara maruz kaldığından mikrodalga enerjisinin konjuge dien oluşumu üzerine etkisiz olduğunu söylemek mümkün değildir.

#### **4.1.4 Konjuge Trien ( $K_{270}$ )**

Konjuge trien ölçümü, yağların oksidatif stabilitesinin belirlenmesi için önemli bir parametredir (Shahidi ve ark., 1997).  $K_{270}$  değeri aldehidler, alkoller, ketonlar, asitler, dimerler, trimerler, polimer ve siklik bileşikler gibi ikincil oksidasyon bileşiklerin göstergesidir (Laguerre ve ark., 2007). Örneklerin  $K_{270}$  değerleri Şekil. 4.1.4'te verilmiştir. Örneklerin  $K_{270}$  değerleri üzerine ısıtma metodu ve ısıtma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK A.16).  $K_{270}$  değeri fritözde ısıtılan örnekler için lineer ( $R^2=0.94$ ) bir artış göstererek beşinci günün sonunda 3.54 değerine yükselmiştir (EK A.17). Benzer şekilde Gharby ve ark., (2014) 180°C'de 30 saat boyunca ısıtılan ayçiçek yağının  $K_{270}$  değerinde 2.13'den 2.69'a sürekli bir artış olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada palm yağı

için de benzer bir trend elde edilmiş ancak kolza yağının  $K_{270}$  değerleri ilk yükselişten sonra sabit kalmıştır.

Mikrodalgada ısıtılan tüm örneklerin  $K_{270}$  değerleri ilk gün ciddi oranda bir artış göstermiştir (EK A.18-20). İkinci gün sonrasında  $K_{270}$  değeri MI 360W ve MI 900W örnekleri için yaklaşık olarak sabit kalmıştır (EK A.18 ve A.20). Isıtmanın birinci günü MI 360W örneğinin  $K_{270}$  değeri MI 600W ve MI 900W örneklerine kıyasla daha yüksektir. Isıtma işleminin üç ve dördüncü günleri mikrodalgada ısıtılan tüm örneklerin  $K_{270}$  değerleri benzer bulunmuştur.



**Şekil 4.1.4** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki  $K_{270}$  değerleri. Hata çubukları standart sapma değerlerini gösterir (n=3)

\*Aynı günde farklı harflere sahip ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır ( $p < 0,05$ )

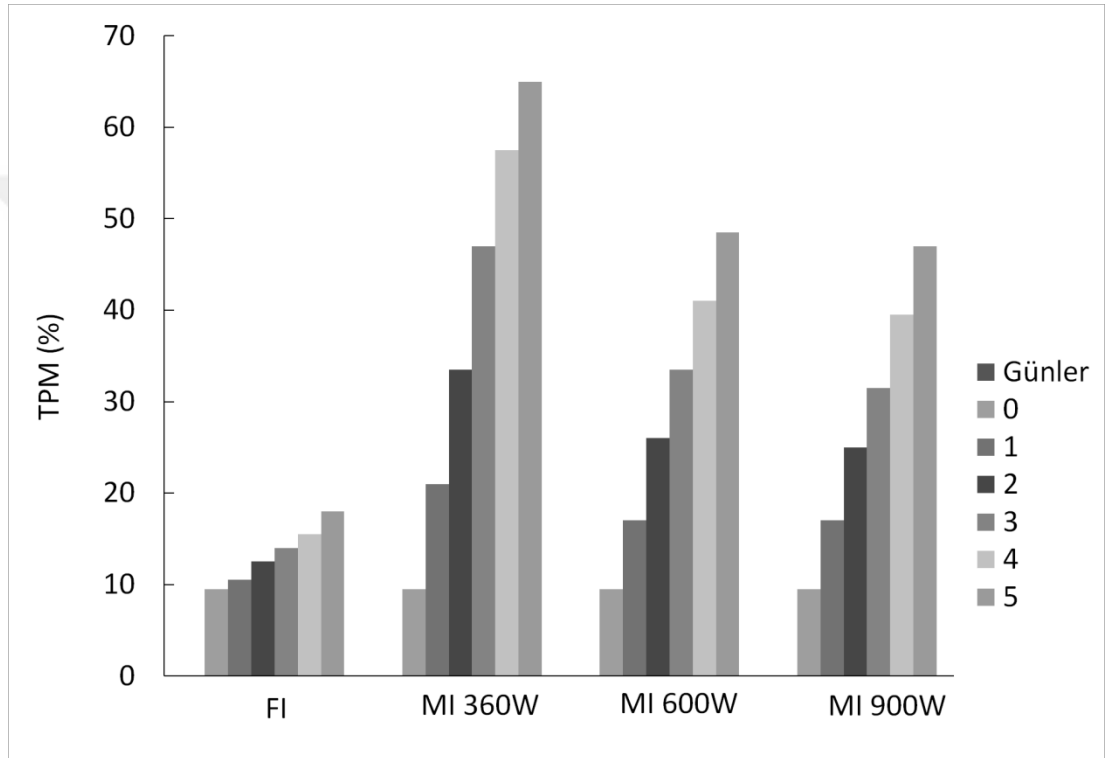
Mikrodalgada ısıtma, tüm güç seviyeleri için, fritöz ile karşılaştırıldığında örneklerde daha yüksek  $K_{270}$  değerlerine neden olmuştur. Bunun, iki yöntemin ısıtma mekanizmaları arasındaki farktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Mikrodalga

ısıtması sırasında, ısı oluşumundan dipolar rotasyon ve iyonik polarizasyon olmak üzere iki mekanizma sorumludur (Decareau ve Peterson, 1986; Knutson ve ark. 1987). Moleküler sürtünme ve çarpışmalar sonucu dipolden kaybedilen enerji dielektrik ısıtmaya yol açar (Gabriel ve ark., 1998). Albi ve ark., (1997b) 20 ml ayçiçek yağını mikrodalga fırında ve hava konveksiyonlu elektrikli fırında 120 dakika süreyle ısıtmışlar ve  $K_{232}$  ve  $K_{270}$  değerlerinin mikrodalga ısıtmada daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumun, daha yüksek miktarlarda trien, doymamış keton veya aldehitlerin oluşumuna sebep olan moleküllerin iç sürtünmelerinden (internal friction) kaynaklanabileceği belirtmişlerdir. Mikrodalga fırınların farklı gıda bileşenleri ile farklı şekillerde etkileşime girdiği bilinmektedir ve literatürde, özellikle yüksek sıcaklıklarda mikrodalga enerjisine maruz kalmanın yüksek miktarda serbest radikal oluşumu ile sonuçlandığı düşünülmektedir. Yoshida ve ark., (1991) mikrodalga ısıtma sırasında, yüksek oranda doymamış yağlardaki hidroperoksitin bozunmasının, tokoferollerle reaksiyona girmeden önce hızla meydana geldiğini belirtmişlerdir.

#### **4.1.5 Toplam Polar Madde (TPM)**

Kızartma sırasında yağ içerisinde oluşan oksidasyon reaksiyonları ve termal reaksiyonlar nedeniyle trigliserit oligomerleri, trigliserit dimerleri, okside trigliserit monomerleri, digliseritler ve serbest yağ asitleri gibi pek çok farklı polar bileşik oluşur. Yağ sensörleri kızartma yağlarının TPM değerlerinin ve dolayısıyla yağ kalitesinin belirlenmesi için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı araştırmacılar bu sensörlerin yağların bozulma derecelerinin belirlenmesi açısından iyi göstergeler olduğunu bildirmişlerdir (Gertz, 2000; Marmesat ve ark., 2007). Örneklerin toplam polar madde (TPM) (%) değerleri, Şekil 4.1.5'te verilmiştir. TPM değerleri üzerine ısıtma metodu ve ısıtma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK A.21). Ayçiçek yağının başlangıç TPM değeri %9.5 olarak tespit edilmiştir. Mikrodalğanın 360W, 600W ve 900W güç seviyelerinde ısıtılan örneklerin TPM değerleri %9.5'dan önemli ölçüde artarak sırası ile %65, %49 ve %47 değerlerine ulaşmıştır. Öte yandan fritözde ısıtılan örneğin TPM değeri beşinci günün sonunda %18'e yükselmiştir. Isıtma işleminin her günü için, düşük mikrodalga gücünün daha yüksek TPM değerlerine neden olduğu görülmektedir.

Farklı ülkelerdeki araştırmacılar tarafından, yağ türü, hesaplama yöntemi gibi bazı faktörlere bağlı olarak, kızartma yağlarının toplam polar içeriği için farklı limit değerleri (%23-29) yayımlanmıştır (Gertz, 2000). Türk Gıda Kodeksine göre kızartma yağının TPM değerinin %25 in üzerine çıkmaması gerekmektedir. Bu limit mikrodalgada ısıtma işleminde ısıtmanın ikinci günü aşıldığı halde fritözde ısıtılan örneğin TPM değerinin ısıtmanın son gününde bile limitin altında kaldığı görölmektedir.

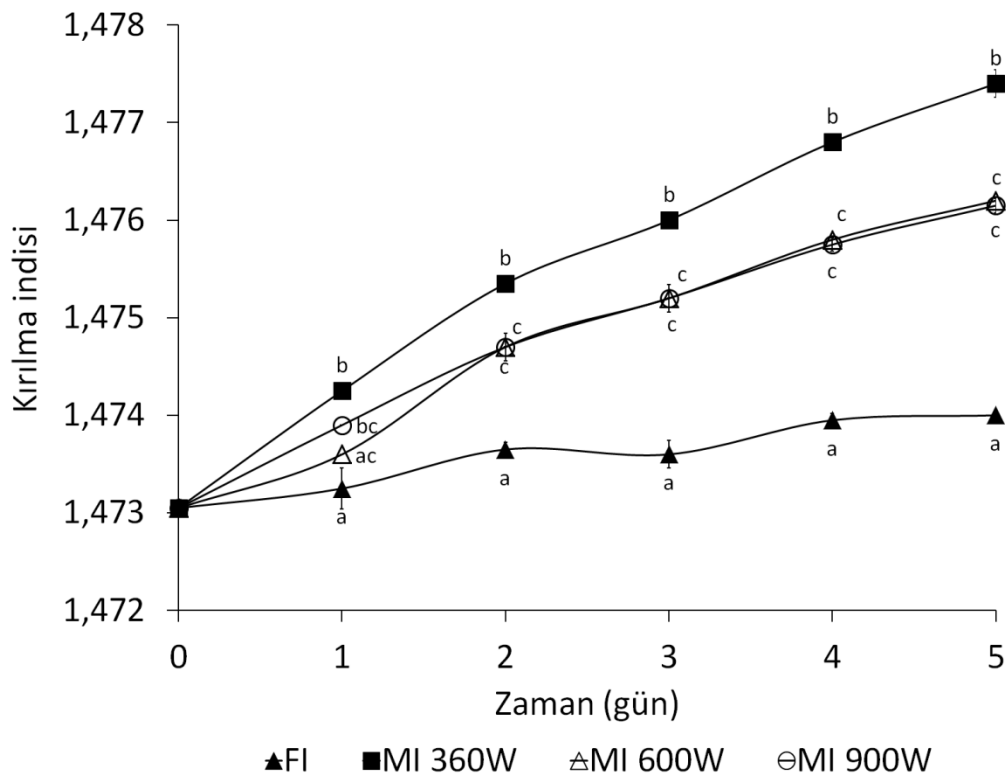


**şekil 4.1.5** Ayıçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki toplam polar madde (TPM) değerleri (n=3)

#### 4.1.6 Kırılma İndisi (Kİ)

Örneklerin kırılma indisi değerleri şekil 4.1.6'da verilmektedir. Örneklerin kırılma indisi değerleri üzerine ısıtma metodu ve ısıtma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK A.22). Tüm ısıtma koşulları için kırılma indisi değerlerinin artan ısıtma süresiyle arttığı görölmektedir (EK A.23-26). Fritözde ısıtılan yağın kırılma indisi değeri 2. günün sonunda başlangıç değerine göre önemli derecede artış göstermiş sonrasında ise istatistiksel olarak yaklaşık sabit kalmıştır (EK A.23). Mikrodalganın en düşük güç seviyesi en yüksek oranda artışa neden

olurken, fritöz en düşük orandaki artışı sağlamıştır. Isıtmanın birinci gününde fritözde ve mikrodalgada 600 W gücünde ısıtılan örneklerin kırılma indisleri benzer bulunmuştur. Takip eden tüm günlerde ise fritözde ısıtılan yağ örneğinin kırılma indisi değerleri mikrodalgada ısıtılanlara kıyasla önemli derecede düşüktür. İlk günden itibaren MI 600W ve MI 900W örnekleri benzer kırılma indisi değerlerine sahiptir. MI 360W örneği ise ilk gün MI 900W örneği ile benzer kırılma indisi değerine sahipken takip eden günlerde MI 600W ve MI 900W örneklerine göre önemli derecede yüksek kırılma indislerine neden olmuştur.

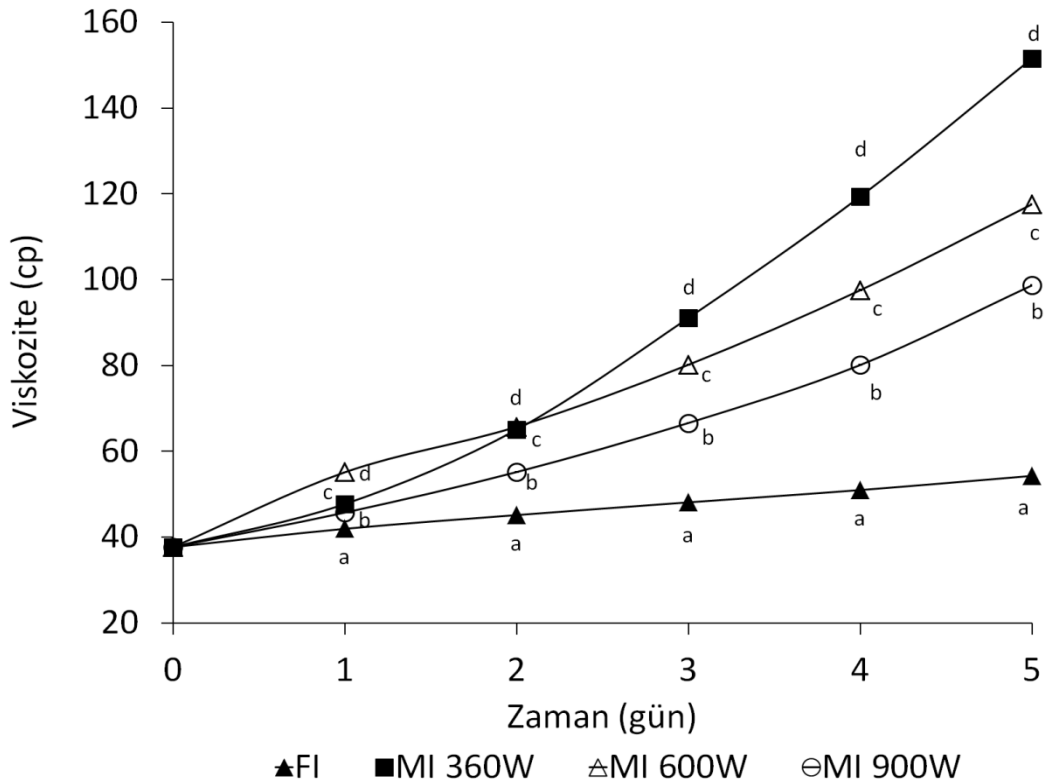


**Şekil 4.1.6** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki kırılma indisi değerleri. Hata çubukları standart sapma değerlerini gösterir (n=3)

\*Aynı günde farklı harflere sahip ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0,05)

#### 4.1.7 Viskozite

Şekil 4.1.7 örneklerin viskozitelerindeki değişimi göstermektedir. Örneklerin viskozite değerleri üzerine ısıtma metodu ve ısıtma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK. A.27). Artan ısıtma süresi ile tüm örneklerin viskozite değerlerinde artış olduğu görülmektedir (EK. A.28-31). İlk günden itibaren örneklerin viskozite değerleri arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda, ısıtmanın üçüncü gününden sonra viskozite değerlerine bakıldığında sıralamanın MI 360W> MI 600W> MI 900W> FI şeklinde olduğu belirlenmiştir. Literatürde polar grupların, vizkozitede artışa sebebiyet veren yüksek moleküler ağırlıklı bileşiklerin oluşumunu desteklediği belirtilmiştir (McGill, 1980; L alas, 2009). Mikrodalgada ısıtılan örneklerin yüksek viskozite değerleri, sahip oldukları yüksek TPM değerleri ile ilişkili olabilir.



**Şekil 4.1.7** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalg a fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki viskozite değerleri. Hata çubukları standart sapma değerlerini gösterir (n=3)

\*Aynı günde farklı harflere sahip ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0,05)

#### 4.1.8 Renk

Örneklerin renk değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Isıtmanın birinci gününden sonra MI 360W örneklerinin, üçüncü gününden sonra ise MI 600W ve MI 900W örneklerinin R ve Y değerlerinin işlem görmemiş yağ ile karşılaştırıldığında önemli derecede arttığı görülmektedir. Bu artış yağın ısıtma işlemi görmemiş yağa kıyasla daha kırmızımsı ve sarımsı olduğunun göstergesidir. Mikrodalgada ısıtmanın tersine, fritözde ısıtma, ısıtma işlemi görmemiş yağ (15.0) ile karşılaştırıldığında biraz daha düşük bir Y değeri (14.0) sağlamıştır. Fritözde ısıtılmış yağın R değeri ısıtma süresince neredeyse sabit kalmış, beşinci günün sonunda ise çok az artarak 1.10 değerine ulaşmıştır. Mikrodalgada ısıtılan numuneler için, son ısıtma günündeki Y değeri hariç, 600W ve 900W güç seviyelerinde benzer R ve Y değerleri elde edilmiştir. Isıtma periyodunun sonunda, en düşük mikrodalga gücü en yüksek R (4.2) ve Y (70.0) değerlerine neden olmuştur.

**Çizelge 4.1** Ayçiçek yağının fritöz (FI) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sırasındaki renk değerleri

Zaman (gün)	R-				Y			
	FI	MI 360W	MI 600W	MI 900W	FI	MI 360W	MI 600W	MI 900W
0	0.97±0.06Aa	0.97±0.06Aa	0.97±0.06Aa	0.97±0.06Aa	15.00±0.00Aa	15.00±0.00Aa	15.00±0.00Aa	15.00±0.00Aa
1	1.00±0.00Aab	0.93±0.05Aa	0.90±0.00Aa	0.90±0.00Aa	12.00±0.00Ab	14.00±0.00Ba	11.00±0.00Cb	11.00±0.00Cb
2	1.00±0.00Aab	1.25±0.07Bb	1.00±0.00Aa	1.00±0.00Aa	11.00±0.00Ac	22.00±0.00Bb	15.00±0.00Ca	15.00±0.00Ca
3	1.03±0.06Aab	2.00±0.00Bc	1.23±0.06Cb	1.25±0.07Cb	11.00±0.00Ac	46.00±0.00Bc	21.00±0.00Cc	22.00±0.00Dc
4	1.03±0.06Aab	3.40±0.10Bd	1.57±0.06Cc	1.63±0.06Cc	12.00±0.00Ab	67.67±4.04Bd	28.00±0.00Cd	28.00±0.00Cd
5	1.10±0.00Ab	4.20±0.00Be	2.10±0.00Cd	2.00±0.00Dd	14.00±0.00Ad	70.00±0.00Bd	46.00±0.00Ce	39.00±0.00De

Değerler, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=3)

Aynı sütunda yer alan büyük harfler her bir ısıtma koşulu için günleri karşılaştırmaktadır.

Aynı satırda yer alan küçük harfler her bir gün için ısıtma koşullarını karşılaştırmaktadır.

(p<0.05)



#### 4.1.9 Yağ Asidi Kompozisyonu

Yağ bitkilerinin yağ asitleri kompozisyonunun sürekli sabit olmayıp; yağ asitleri sentezinin genetik, ekolojik, morfolojik, fizyolojik ve kültürel uygulamalara bağlı olarak değiştiği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Baydar, 2000). İşlem görmemiş ve beş gün süre ile ısıtılmış örneklerin yağ asidi kompozisyonu Çizelge 4.2’de gösterilmektedir. Isıtılmış işlem görmemiş ayçiçeği yağının linoleik yağ asidi içeriği %59.85 olarak tespit edilmiştir. Bu değer literatür ile uyum içerisindedir (Gupta, 2011). Örneklerin yağ asidi içeriklerinde önemli farklılıklar vardır. Genel olarak linoleik, linolenik ve araşidonik asit oranlarının ısıtılmış işlem görmüş tüm örnekler için azaldığı görülmektedir. Bu azalma fritözde ısıtılan örnek için beşinci gün sonunda %4.2 olarak tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklıklarda ısıtma sırasında çoklu doymamış yağ asitleri içeriğindeki azalmanın, oksidasyon, polimerizasyon gibi reaksiyonlar nedeniyle bozulmaları ile ilişkili olduğu bildirilmektedir (Zambiasi ve ark., 2007). Mikroalgada ısıtılmış yağ örneklerinde 24 yağ asidi tespit edilmiştir. Mikroalga ısıtmaya maruz bırakılan yağların linoleik, linolenik ve araşidonik asit içeriklerindeki toplam azalmanın beşinci günün sonunda 360W, 600W ve 900W güç seviyeleri için sırasıyla %17.7, %12.5 ve %12.1 olduğu bulunmuştur. Bu değerlerin fritözdeki azalmadan 3-4 kat daha fazla olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.2** Ayçiçek yağının ısıtılma işlemine tabi tutulmadan önce ve fritöz kullanılarak (FI), mikrodalga fırının 360W (MI 360W), 600W (MI 600W), 900W (MI 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile ısıtılması sonundaki yağ asidi profili

Yağ asitleri (%)	İşlem görmemiş	FI	MI 360W	MI 600W	MI 900W
caproic acid (C6:0)	n.d.	n.d.	0.012±0.000	0.009±0.000	0.006±0.000
caprylic acid (C8:0)	0.003±0.000	0.063±0.001	0.097±0.002	0.261±0.006	0.251±0.002
undecanoic acid (C11:0)	n.d.	n.d.	0.012±0.000	0.007±0.000	0.007±0.000
myristic acid (C14:0)	0.071±0.001	0.077±0.000	0.096±0.002	0.091±0.008	0.088±0.003
pentadecanoic acid (C15:0)	0.014±0.000	0.015±0.001	0.020±0.005	0.017±0.003	0.015±0.000
palmitic acid (C16:0)	6.070±0.052	6.458±0.056	8.095±0.039	7.471±0.063	7.391±0.051
palmitoleic acid (C16:1)	0.098±0.007	0.102±0.002	0.118±0.006	0.113±0.001	0.110±0.003
heptadecanoic acid (C17:0)	0.035±0.004	0.040±0.002	0.052±0.006	0.049±0.000	0.045±0.002
cis-10-heptadecanoic acid (C17:1)	0.024±0.001	0.025±0.000	0.027±0.000	0.028±0.002	0.028±0.000
stearic acid (C18:0)	4.082±0.073	4.376±0.019	5.394±0.057	4.989±0.081	4.967±0.068
elaidic acid (C18:1n9t)	0.024±0.000	0.075±0.003	0.310±0.007	0.211±0.011	0.213±0.007
oleic acid (C18:1n9c)	28.023±0.180	29.583±0.210	33.737±0.110	32.189±0.230	32.058±0.250
linolelaidic acid (C18:2n6t)	0.007±0.000	0.037±0.002	0.120±0.011	0.091±0.007	0.092±0.010
linoleic acid (C18:2n6c)	59.851±0.270	57.323±0.320	49.303±0.190	52.380±0.340	52.634±0.280
arachidic acid (C20:0)	0.296±0.005	0.317±0.004	0.398±0.018	0.365±0.016	0.363±0.002
gama-linolenic acid (C18:3n6)	0.006±0.000	0.009±0.000	0.011±0.003	0.013±0.018	0.010±0.007
cis-11-eicosenoic acid (C20:1)	0.147±0.001	0.156±0.002	0.177±0.002	0.170±0.011	0.172±0.001
linolenic acid (C18:3n6)	0.073±0.005	0.064±0.002	0.042±0.001	0.052±0.002	0.051±0.000
behenic acid (C22:0)	0.799±0.018	0.856±0.020	1.051±0.028	0.938±0.013	0.951±0.014
erucic acid (C22:1n9)	0.006±0.000	0.005±0.000	0.005±0.000	0.006±0.000	0.006±0.000
arachidonic acid (C20:4n6)	0.024±0.008	0.023±0.001	0.011±0.006	0.012±0.005	0.013±0.001
tricosanoic acid (C23:0)	0.033±0.003	0.041±0.004	0.059±0.006	0.052±0.008	0.053±0.003
lignoceric acid (C24:0)	0.297±0.008	0.319±0.021	0.385±0.013	0.352±0.011	0.355±0.007
cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid (C22:6n3) DHA	0.018±0.008	0.036±0.010	0.187±0.011	0.137±0.007	0.124±0.002

Değerler, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=3)

## 4.2 Ardışık Kızartma

Çalışmanın ikinci kısmında, ardarda 5 gün boyunca farklı yöntemlerle hazır patates dilimlerinin kızartılması işlemine tabi tutulan ayçiçek yağından gün sonunda örnekler alınmıştır. Bu örneklerde kızartma süresince yağdaki kalite değişimini takip edebilmek için serbest asitlik, peroksit, konjuge dien-trien, kırılma indisi, viskozite, toplam polar madde, renk analizleri yapılmış, yağ asidi kompozisyonları belirlenmiştir.

### 4.2.1 Serbest Yağ Asitliği (SYA)

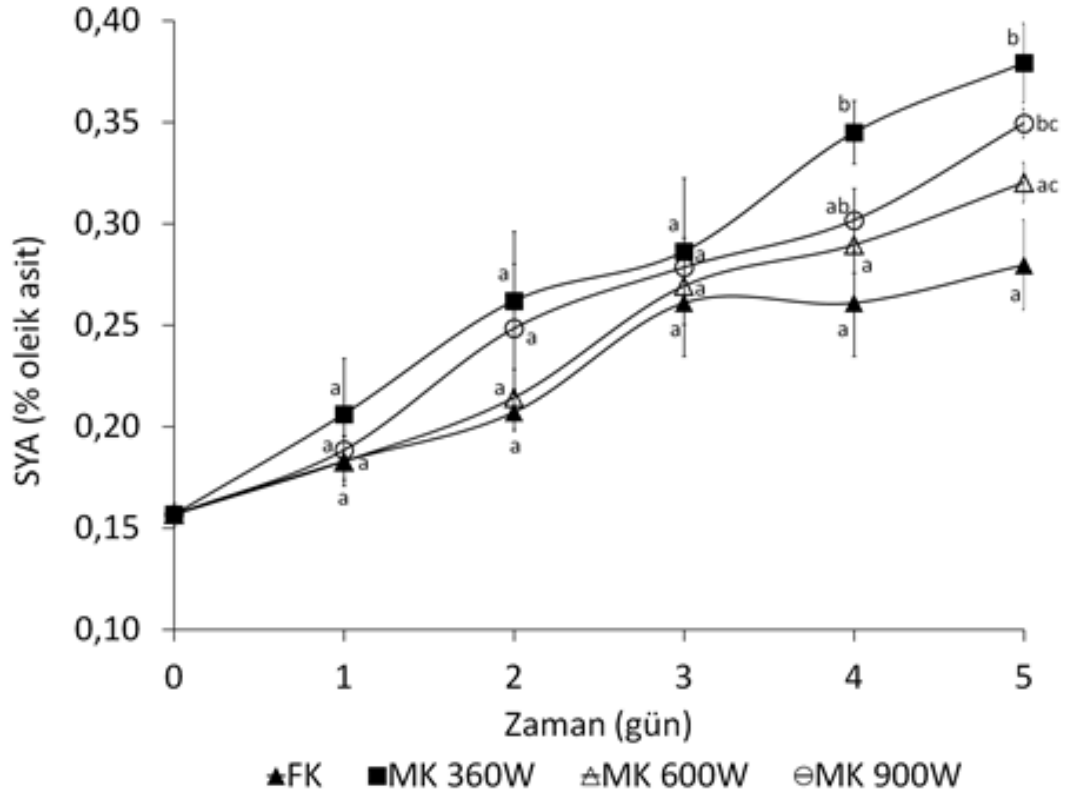
Kızartma işlemi sırasında yağ örneklerinin serbest yağ asitliği değerlerindeki değişim Şekil 4.2.1’de verilmiştir. Örneklerin SYA değerleri üzerine kızartma metodu ve kızartma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK. B.1). Şekilden de görüldüğü gibi tüm örneklerin SYA değerlerinde artan kızartma döngüsü ile artış kaydedilmiştir (EK B2-5). Fritözde kızartma işleminde, ayçiçeği yağının SYA değeri işlem süresince artış göstermiştir, ancak istatistiksel olarak bakıldığında yalnızca kızartmanın 2. ve 3. günleri arasında SYA değerindeki artış önemli bulunmuştur. Quiles ve ark., (2002) 60 dakikalık kızartma işlemi sonrasında, ayçiçek yağı ve zeytinyağı için SYA değerlerinde herhangi bir değişiklik kaydetmemiş ve bunun serbest yağ asitlerinin uçuculuğuna bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Mudawi ve ark., (2014) 180C’deki ayçiçek yağı içerisinde, günde 13 dakika olacak şekilde 5 ardışık gün süre ile patates dilimleri kızartmışlar ve bu süre içerisinde ayçiçeği yağının SYA değerinin önemli ölçüde artarak 0.150 değerine ulaştığını bildirmişlerdir.

Mikrodalgada kızartma sırasında ise ayçiçek yağında serbest yağ asitliğinin kızartma işleminin son gününe kadar kademeli olarak artış gösterdiği görülmektedir. Gharachorloo ve ark., (2010) 2L ayçiçek yağı içerisine 36g patates koyarak 20 dakika boyunca mikrodalga fırının 550 W gücüne maruz bırakmışlardır. Bu işlem günde üç kez olmak üzere 5 gün süre ile tekrarlanmıştır. Çalışmanın sonucunda ayçiçeği yağının sıcaklığının 20 dakikalık kızartma işlemi sonunda 150C’ye çıktığı ve yağın asit değerinin, bu çalışmadakine benzer şekilde, sürekli artarak 5.gün sonunda 0.23’ten 0.44 değerine yükseldiği rapor edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar

Tebliğinde (2015/29) asit sayısı 0.6 mgKOH/g'dır. Tüm SYA değerlerinin (%oleik asit cinsinden bakıldığında) kritik değerin altında kaldığı görülmektedir.

Mikrodalgada kızartma, kızartma süresi boyunca fritözde kızartmaya kıyasla biraz daha yüksek SYA değerlerine neden olsa da, bu fark üçüncü güne kadar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. MK 600W ve FK örneklerinin SYA değerleri tüm kızartma günlerinde benzer bulunmuştur. MK 360 W örneklerinin SYA değerleri ise fritöz kızartmaya (FK) göre son iki gün önemli derecede artmıştır. Genel olarak bakıldığında, 5 günlük kızartma süresi boyunca en düşük güç seviyesinde, diğer güç seviyelerine kıyasla biraz daha yüksek SYA değerleri elde edildiği görülmektedir. MK360W, MK600W, MK900W ve FK yağ örneklerinin SYA değerleri, kızartma süresi sonunda sırasıyla %0.159'dan %0.379, %0.320, %0.350 ve %0.280'e yükselmiştir. Kızartma sırasında, hidrolitik reaksiyonlar SYA'ların oluşmasına neden olur. Trigliseritlerin ester bağının gliserole ve serbest yağ asitlerine parçalanması olan hidroliz reaksiyonunun derecesinin, yağ sıcaklığına, yağ ve sulu faz arasındaki arayüz alanına, su ve buhar miktarlarına bağlı olduğu bilinmektedir. Ayrıca Pokorny, (1989) serbest yağ asitleri ve yağ oksidasyonundan kaynaklanan düşük moleküler ağırlıklı asidik ürünlerin, kızartma sırasında buhar varlığında hidroliz işlemini artırdığını bildirmişlerdir. Mikrodalga kızartma işlemi sırasında patates kızartmasından nem uzaklaşma oranının fritözde kızartmaya kıyasla daha yüksek olması (Çizelge 4.7), hidrolitik reaksiyon hızını artırarak, ayçiçeği yağında daha yüksek oranda SYA oluşmasına neden olmuş olabilir. Bunun yanında mikrodalga ısıtma prensibinin geleneksel ısıtmadan farklı olması ve her iki ısıtma yöntemi için yağ örneklerinin yüksek sıcaklığa maruz kalma sürelerinin farklı olması mikrodalga kızartma sırasında elde edilen yüksek SYA değerlerine neden olmuş olabilir. Bu çalışmada 900W, 600W ve 360W güçlerindeki mikrodalga kızartma işlemlerinde soğutma süresi dışındaki toplam işlem süresi sırasıyla 16.4, 17.4 ve 32.7 saat, derin yağda kızartmada ise 9.4 saattir. Yağ sıcaklığı, 15 dakikalık bir soğutma süresinden sonra yaklaşık  $155\pm 5^{\circ}\text{C}$  civarına düşmektedir. Bu, mikrodalga kızartma işlemi sırasında, yağın yüksek sıcaklıklarda mikrodalga enerjisine maruz kaldığı anlamına gelir. Albi ve ark., (1997 a, b) mikrodalga enerjisinin, yağda bölgesel aşırı ısınmaya neden olarak, sıcaklığın etkisini artırabileceğini belirtmişlerdir. Mikrodalga

enerjisi ve sıcaklık kombinasyonuna daha uzun maruz kalma süresi, özellikle en düşük güç seviyesinde, mikrodalgada işlem görmüş yağdaki SYA seviyesinin önemli derecede artmasına neden olmuş olabilir.



**Şekil 4.2.1** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalgada 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patateslerin kızartılması sırasında serbest yağ asitliği (SYA) değerleri. Hata çubukları standart sapma değerlerini gösterir (n=3)

\*Aynı günde farklı harflere sahip ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0,05)

Kızartma işlemi sırasında gıda ile kızartma ortamı arasındaki etkileşim, hem yağda hem de gıdada fiziksel değişikliklerin öne çıktığı birçok fiziksel ve kimyasal modifikasyon içerir (Dobargenes ve ark., 2000). Kızartma işleminde elde edilen sonuçlar ile ısıtma işleminden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, her iki işlemde de SYA değerlerinin zamanla değişiminin benzer olduğu, ancak kızartma işlemi sonrası ayçiçek yağında elde edilen SYA değerlerinin ısıtma işlemi sonrasında elde edilen değerlere

kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum tüm yöntemler için geçerlidir. Beşinci günün sonunda ısıtma işlemi sonrası fritözde, mikrodalganın 360W, 600W ve 900W güçlerinde işlem gören yağların SYA değerleri sırası ile 0.204, 0.309, 0.278 ve 0.299 (%oleik asit) iken kızartma işlemi sonrası bu değerlerin 0.280, 0.379, 0.320 ve 0.350 (%oleik asit) olduğu tespit edilmiştir. Derin yağda kızartma işleminde hidroliz reaksiyonunun en önemli reaksiyon olduğu bildirilmektedir (Pokorny, 1998). Gıdadan buharlaşan suyun yüksek sıcaklıklarda yağlarda oluşan hidroliz reaksiyonunu katalizlediği bilinmektedir. Gıda içerisindeki su, yüksek sıcaklıklarda hızlıca buharlaşır ve oluşan buhar kızgın yağ içerisine girer. Bu koşullar altında, triasilgliseroller oldukça kısa sürede (yaklaşık 5-10 dakika) kısmen serbest yağ asitlerine ve kısmi gliserol esterlerine (diasilgliseroller, monoasilgliseroller ve hatta gliserol) hidrolize olur. Bu nedenle kızartma sırasında patatesten buharlaşan su nedeni ile yağın hidrolizlenme derecesinin yüksek olması ve buna bağlı olarak SYA değerinin ısıtma işlemine kıyasla yüksek çıkması beklenen bir sonuçtur.

#### **4.2.2 Peroksit Değeri (PD)**

Kızartma işlemi sırasında yağ örneklerinin peroksit değerlerindeki değişim Şekil 4.2.2’de verilmiştir. Örneklerin peroksit değerleri üzerine kızartma metodu ve kızartma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK. B.6).

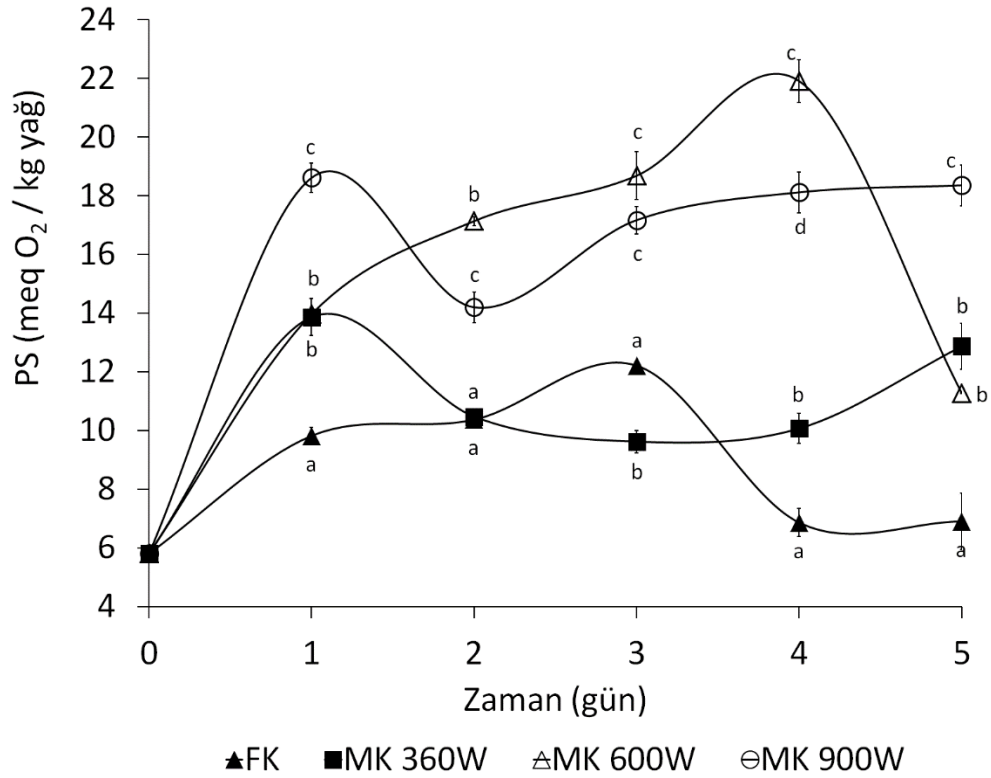
FK örneği için peroksit değerinin kızartmanın ilk günlerinde önemli derecede artış gösterdiği, 5.gün sonunda ise azalarak ilk günkü değerine yaklaştığı görülmektedir. Literatüre bakıldığında benzer sonuçlar olduğu görülmektedir. Bulut ve Yılmaz, (2010) ayçiçek yağının kızartma stabilitesi ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, 180°C’ye ısıtmış oldukları yağ içerisinde 10 kez hamur kızartma işlemi yapmışlardır. Günlük 5-5.5 saat süren bu işlem 5 ardışık gün süre ile devam etmiş ve yağ örneklerinin peroksit değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ayçiçek yağının peroksit değerinin birinci gün sonunda önemli derecede artarak 17.97 meqO<sub>2</sub>/kg değerine ulaştığı, 2. ve 3. günler yaklaşık stabil kaldıktan sonra işlemin son günü 14.36 meqO<sub>2</sub>/kg değerine düştüğü tespit edilmiştir. Serjouie ve ark., (2010) farklı yağlar içerisinde, derin kızartma tekniği ile 5 ardışık gün süre ile patates kızartmışlar ve yağların peroksit değerlerinde kızartma süresi

boyunca görülen değişimin farklı olduğunu rapor etmişlerdir. Yapılan çalışmada birinci günün sonunda bütün yağ tipleri için peroksit sayısında önemli derecede artış olduğunu tespit edilmiştir. Mudawi ve ark., (2014) kızartma işleminin ayçiçeği yağının fizikokimyasal özellikleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, sığ kızartma yöntemi ile ayçiçek yağı içerisinde 5 ardışık gün süre ile günde 13 dakika olacak şekilde patates kızartmışlar ve çalışma sonucunda ayçiçek yağının peroksit değerinin dördüncü güne kadar sürekli artarak 8.8 meqO<sub>2</sub>/kg değerine çıktığını ancak daha sonra bu değer beşinci gün aniden 4.7 meqO<sub>2</sub>/kg'a düştüğünü rapor etmişlerdir. Ancak literatür incelendiğinde kızartma işlemi süresince kızartma yağının peroksit değerinin değişimine ilişkin farklı sonuçlar olduğu görülmektedir. Karakaya ve ark., (2011) ardışık derin yağda kızartma işlemi sırasında farklı türde yağların (findık, mısır, soya ve zeytinyağı) peroksit sayısındaki değişimin farklı eğilimler gösterdiğini rapor etmişlerdir. Bir başka çalışmada, ayçiçek yağının peroksit değerinin 60 dakikalık kızartma işlemi sırasında artarak 10 meqO<sub>2</sub> / kg değerine yaklaştığı gösterilmiştir (Quiles ve ark., 2002).

Mikrodalga kızartmada kullanılan yağ örneklerinin peroksit değerlerinde belirli bir trend görülmemektedir (Şekil 4.2.2). Ancak kızartmanın ilk günü tüm örneklerin peroksit değerleri ciddi derecede artış göstermiştir (EK B7-10).

Gharachorloo ve ark., (2010) yapmış oldukları çalışmada ardışık beş gün boyunca mikrodalgada kızartma işlemi sırasında ayçiçek yağının peroksit sayısının sürekli artarak 2.19'dan 15.73 meqO<sub>2</sub>/kg değerine yükseldiğini kaydetmişlerdir.

MK360W, MK600W, MK900W ve FK yağ örneklerinin peroksit değerleri, kızartma süresi sonunda sırasıyla 5.810'dan 12.873, 11.273, 18.359 ve 6.907 meqO<sub>2</sub>/kg'a yükselmiştir. Kızartma işleminin son günü FK örneğinin peroksit değeri en düşük iken MK 900W örneğinin peroksit değeri en yüksek bulunmuştur. Baltacıoğlu, (2016) dilimlenmiş patatesleri fritözde (160°C ve 190°C) ve mikrodalga fırında (600W ve 900W) 10 dakika süre ile ısıtılmış yağ (ayçiçek, kanola ve ticari bir kızartma yağı) içinde 4'er dakika süreler ile kızartmıştır. Kızartma işlemi ardarda 3 kez gerçekleştirilmiş ve her kızartma işlemi arasında alınan yağ örneklerinin peroksit değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda fritözde kızartma sırasında ayçiçek yağı için



**Şekil 4.2.2** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patateslerin kızartılması sırasındaki peroksit değerleri (PS). Hata çubukları standart sapma değerlerini gösterir (n=3)

\*Aynı günde farklı harflere sahip ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0,05)

elde edilen peroksit değerlerinin önce artıp sonra azalan bir trend izlediği ancak mikrodalga kızartmada belirli bir trend gözlenmediği rapor edilmiştir. Ayrıca yine bu çalışmada iki yöntem karşılaştırıldığında, üçüncü kızartma sonunda elde edilen örneklerin mikrodalgada kızartmada daha yüksek peroksit değerlerine sahip olduğu ancak genel olarak tüm örnekler için belirgin bir trendden bahsedilemeyeceği görülmektedir. Yapılan bu çalışmada ise tüm kızartma günleri için MK 600W ve MK 900W örnekleri FK örneklerine kıyasla daha yüksek peroksit değerlerine sahipken, en düşük güç seviyesinde benzer bir durum söz konusu değildir.



Türk Gıda Kodeksi Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği'nde (2015/29) rafine yağların peroksit sayısının en çok 10 meqO<sub>2</sub>/kg olması gerekliliği bildirilmiştir. FK örneğinin peroksit değeri işlem süresince kızartmanın 3. günü hariç bu limitin altında kalmıştır, MK 360W, MK 600W, MK900W örnekleri ise kızartmanın 1. günü itibariyle bu limiti aşmaktadır.

Sıcaklıktaki artışın hidroperoksitlerin bozunmasından dolayı peroksit değerinde düşmeye neden olabileceği bilinmektedir. Hidroperoksitlerin oluşumu ve bozunması, sıcaklık, süre, yağ asidi kompozisyonu gibi birtakım faktörlere bağlıdır. Bu nedenle bazı yazarlar, hidroperoksitlerin kararlı olmayan doğalarından ötürü, peroksit testinin kızartma yağlarının oksidasyon miktarını tespit etmede kesin bir gösterge olarak tek başına kullanılamayacağını belirtmişlerdir (Kubow, 1992; Navab Daneshmand ve Ghavami, 2012). Farhoosh ve Moosavi, (2010) peroksit değerinin yağ bozulmasının gerçek derecesini göstermeyebileceğini ve bu nedenle kızartma işlemi süresince yağdaki bozulmanın ölçülmesinde kullanılmasının tavsiye edilmediğini bildirmiştir.

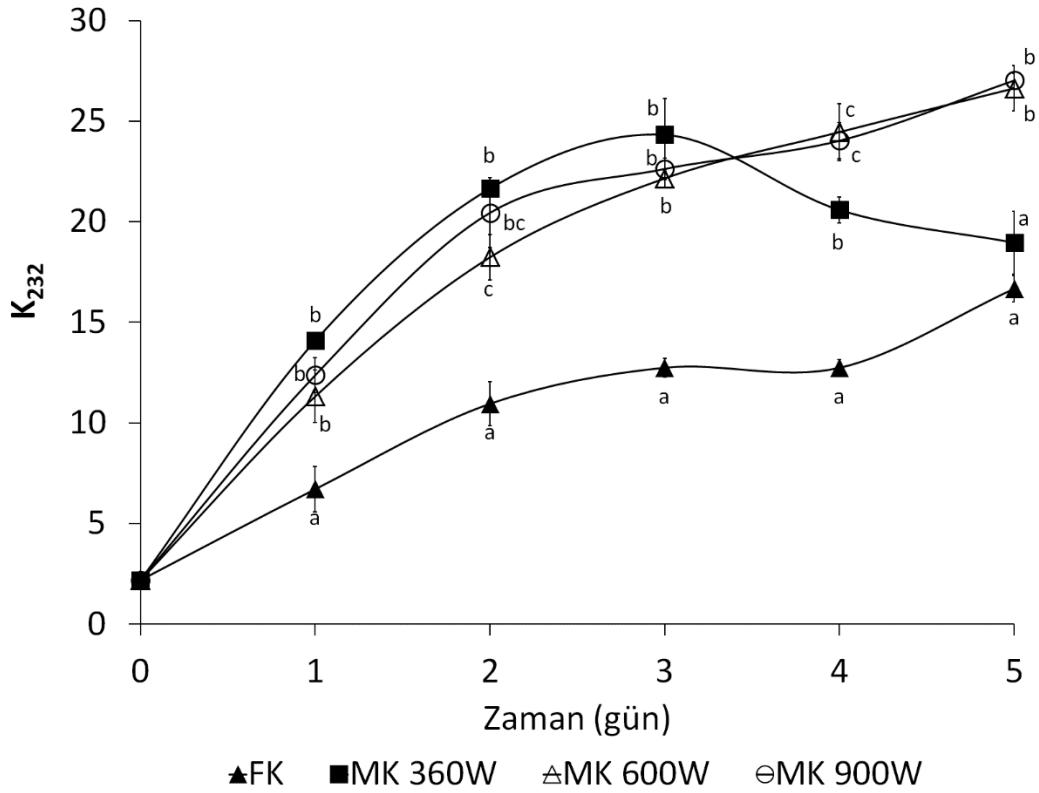
Gerek ısıtma gerekse kızartma işlemlerine bakıldığında, fritözde ısıtma işlemi haricinde genel olarak peroksit değerlerinde belirli bir noktaya kadar artış sonrasında azalış kaydedildiği görülmektedir. Isıtma ve kızartma işlemleri sırasında elde edilen peroksit değerleri karşılaştırıldığında belirgin bir eğilimden bahsetmek mümkün değildir. Bu nedenle literatüre benzer şekilde her iki işlemde de peroksit testinin oksidasyon miktarını tespit etmede kesin bir gösterge olamayacağı düşünülmektedir.

#### **4.2.3 Konjuge Dien (K<sub>232</sub>)**

Kızartma işlemi sırasında yağ örneklerinin K<sub>232</sub> değerlerindeki değişim Şekil 4.2.3'de verilmiştir. Örneklerin K<sub>232</sub> değerleri üzerine kızartma metodu ve kızartma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK. B.11). FK örneklerinin K<sub>232</sub> değerlerinin artan kızartma süresi ile lineer bir şekilde (R<sup>2</sup> =0.92) artarak 2.19 başlangıç değerinden beşinci gün sonunda 16.68 değerine yükseldiği görülmektedir (EK. B.12). Elde edilen bu sonuca benzer şekilde, Chirinos ve ark., (2011) 180°C'ye ısıtmış oldukları soya yağı içerisinde 30 dakika aralıklarla, günde 8 kez olacak şekilde patates kızartmışlar ve bu süre içerisinde yağın konjuge dien değerinin 2.03'ten lineer bir

şekilde artarak yaklaşık 19 değerine yükseldiğini rapor etmişlerdir. MK 600W ve MK900W örneklerinin  $K_{232}$  değerleri de FK örneğine benzer şekilde sürekli artış göstermiş ve beşinci günün sonunda sırasıyla 26.64 ve 27.03 değerlerine yükselmiştir (EK B.14-15). Bu iki örneğin  $K_{232}$  değerleri işlem süresince birbirleri ile benzer, FK örneğine kıyasla önemli derecede yüksek bulunmuştur. Bu sonuç elde edilen peroksit sayısı değerleri ile de uyumludur. MK 360W örneğinin  $K_{232}$  değeri de benzer şekilde kızartma işleminin ilk dört günü FK örneğine kıyasla yüksektir. Ancak kızartma işleminin üçüncü gününden sonra azalarak, son gün 18.96 değerine düşmüştür (EK.13). Kızartmanın son gününde yüksek güç seviyelerinin daha yüksek  $K_{232}$  değerlerine neden olduğu görülmektedir.

Kızartma ve ısıtma işlemleri sırasında elde edilen  $K_{232}$  değerleri karşılaştırıldığında, mikrodalga kızartma işlemi sırasında elde edilen konjuge dien değerlerinin mikrodalga ısıtmada elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum mikrodalğanın tüm güç seviyeleri için aynıdır. Beşinci günün sonunda ısıtma işlemi sonrası mikrodalğanın 360W, 600W ve 900W güçlerinde işlem gören yağların  $K_{232}$  değerleri sırası ile 40.3, 37.6 ve 37.1 iken kızartma işlemi sonrası bu değerlerin 18.9, 26.6 ve 27.0 olduğu tespit edilmiştir. Literatürde, kızartma işlemi sırasında oluşan Maillard reaksiyon ürünlerinin ve ayrıca yağda çözünebilen vitaminlerin, pigmentlerin gıdadan yağa migrasyonunun yağın oksidatif stabilitesini etkileyebileceği bildirilmektedir (Dobargenes ve ark., 2000; Marmesat ve ark., 2005).



**Şekil 4.2.3** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patateslerin kızartılması sırasındaki  $K_{232}$  değerleri. Hata çubukları standart sapma değerlerini gösterir (n=3)

\*Aynı günde farklı harflere sahip ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır ( $p<0,05$ )

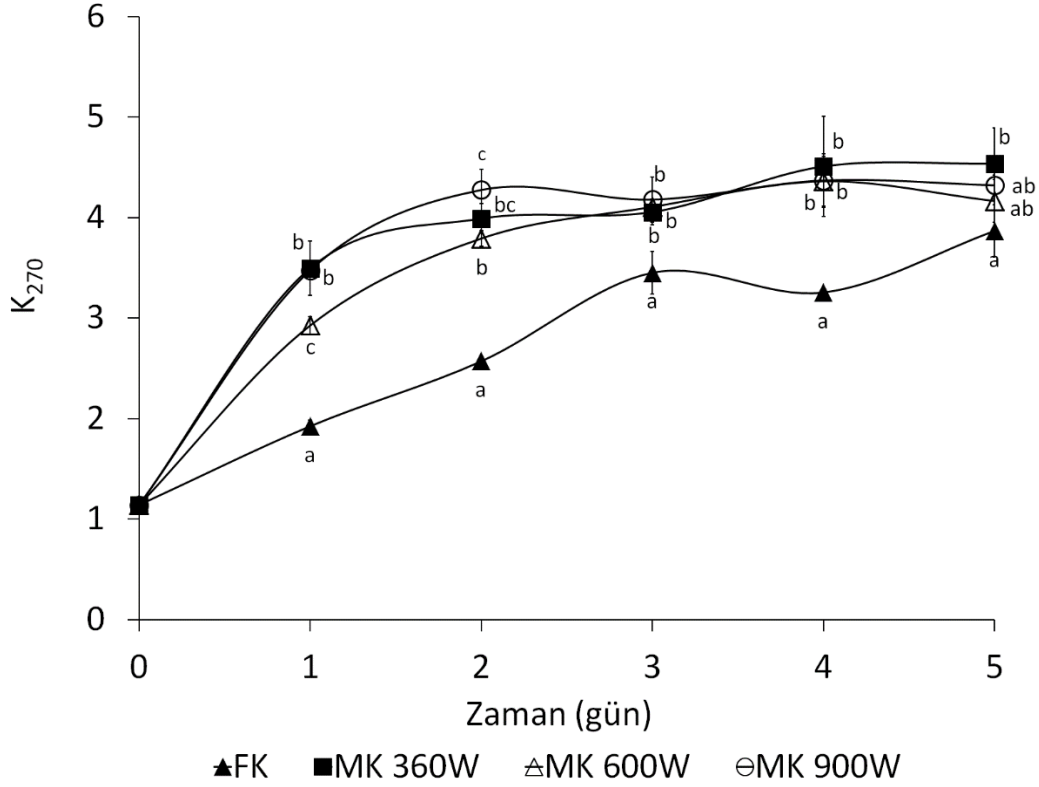
Maillard ürünlerinin kızartma yağının stabilitesinin artmasında rol oynayabileceğini belirtmişlerdir. Bu durum kızartma sırasında elde edilen konjuge dien değerlerinin ısıtmadaki değerlerden yüksek bulunmasının nedenlerinden biri olabilir. Ayrıca Pokorny, (1998) kızartma yağındaki oksidasyon reaksiyonlarının substrat tarafından, özellikle proteinler, nişasta veya fenolik maddeler, inhibe edildiğini bildirmiştir. Fritözde kızartma ve ısıtma işlemleri sonrası ise ayçiçek yağında elde edilen konjuge dien değerlerinin birbirine oldukça yakın değerler olduğu görülmektedir. Beşinci günün sonunda ısıtma işlemi sonrası fritözde işlem gören yağın  $K_{232}$  değeri 14.7 iken kızartma işlemi sonrası bu değer 16.6 olarak bulunmuştur. Mikrodalgada kızartma işlemi sırasında oluşan Maillard reaksiyon ürünlerinin miktarının ve bu ürünlerin

kızartma yağına migrasyon oranlarının, ısıtma prensiplerinin farklılığından dolayı, geleneksel yöntemden farklı olacağı ve dolayısıyla kızartma yağının oksidadif stabilitelerinin bu durumdan farklı derecelerde etkileneceği düşünülebilir.

#### 4.2.4 Konjuge Trien(K<sub>270</sub>)

K<sub>270</sub> değeri ikincil oksidasyon bileşiklerinin miktarının artması ile artış gösterir (Laguerre ve ark., 2007). Kızartma işlemi sırasında yağ örneklerinin K<sub>270</sub> değerlerindeki değişim Şekil 4.2.4'de verilmiştir. Örneklerin K<sub>270</sub> değerleri üzerine kızartma metodu ve kızartma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK. B.16). FK örneklerinin K<sub>270</sub> değerlerinin artan kızartma süresi ile lineer bir şekilde ( $R^2 = 0.93$ ) artarak 1.14 başlangıç değerinden beşinci gün sonunda 3.87 değerine yükseldiği görülmektedir (EK. B.17). Benzer şekilde Chirinos ve ark., (2011) soya yağının K<sub>270</sub> değerinin 180°C'de yapılan kızartma işlemi sırasında lineer olarak artış gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Mikrodalga kızartması sırasında K<sub>270</sub> değerleri ilk günlerde hızlı bir artış göstermiş, daha sonra üç ve beşinci günler arasında 4.0-4.5 değerleri arasında yaklaşık aynı kalmıştır (EK.18-20). Kızartma işleminin son üç gününde tüm MK örnekleri benzer K<sub>270</sub> değerlerine sahiptir. Mikrodalga kızartması sırasında derin yağda kızartmaya kıyasla daha yüksek K<sub>270</sub> değerleri kaydedilmiştir. Aradaki fark kızartma işlemlerinin ilk günlerinde daha belirgindir, ancak kızartmanın son gününde, MK 360W hariç, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.



**Şekil 4.2.4** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patateslerin kızartılması sırasındaki  $K_{270}$  değerleri. Hata çubukları standart sapma değerlerini gösterir (n=3)

\*Aynı günde farklı harflere sahip ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0,05)

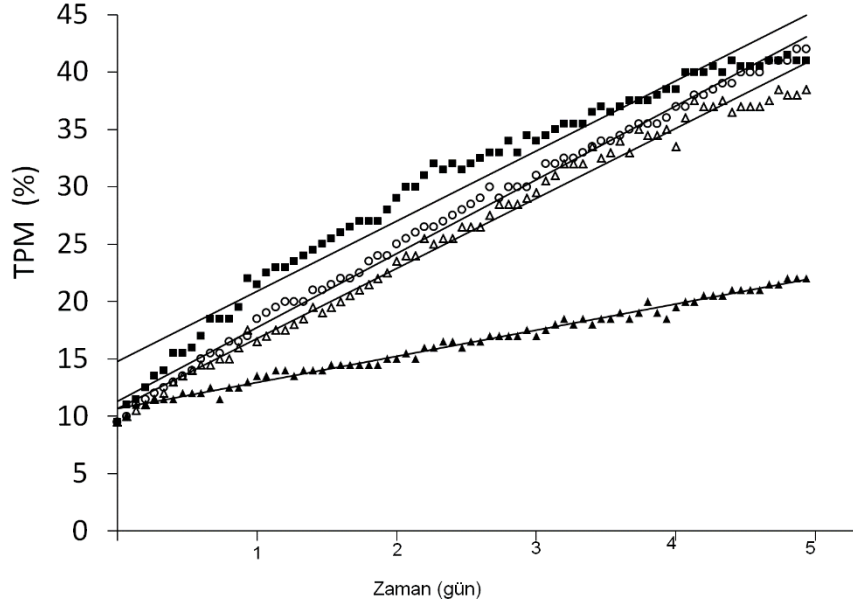
Kızartma ve ısıtma işlemleri sırasında elde edilen  $K_{270}$  değerleri karşılaştırıldığında, mikrodalga kızartma işlemi sırasında elde edilen  $K_{270}$  değerlerinin mikrodalga ısıtmada elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum mikrodalğanın tüm güç seviyeleri için aynıdır. Bu sonuç konjuge dienler ile elde edilen sonuç ile paralellik göstermektedir. Ancak konjuge dien değerleri ile karşılaştırıldığında, konjuge trien değerleri arasındaki farkların oldukça düşük olduğu görülmektedir. Beşinci günün sonunda, ısıtma işlemi sonrası mikrodalğanın 360W, 600W ve 900W güçlerinde işlem gören yağların  $K_{270}$  değerleri sırası ile 4.96, 5.13 ve

4.54 iken kızartma işlemi sonrası bu değerlerin 4.54, 4.16 ve 4.32 olduğu tespit edilmiştir. Fritözde yapılan ısıtma/kızartma işlemleri için de benzer şekilde, elde edilen  $K_{270}$  değerleri arasındaki farkın önemsiz olduğu görülmektedir. Bu durumda genel olarak ikincil oksidasyon ürünü olan konjuge trien değerlerinin gıda ile yağ arasındaki etkileşimlerden fazla etkilenmediği söylenebilir.

#### **4.2.5 Toplam Polar Madde (TPM)**

Velasco ve ark., (2009) kızartma sırasında farklı çeşitlerde polar bileşikler, oksitlenmiş ve dimerize trigliseritler, SYA'lar, monogliseritler, digliseritler, dimerler, trimerler, tetramerler vb. oluştuğunu bildirmişlerdir. Testo270 sensörüyle ölçülen toplam polar madde (TPM) (%) değerleri, Şekil 4.3.5'te verilmiştir ve tüm örneklerin TPM değerlerinin artan kızartma döngüsü ile lineer olarak arttığı tespit edilmiştir. TPM'nin gıda yağ sensörleriyle ölçülmesi, kızartma sırasında yağ kalitesini izlemenin hızlı bir yoludur ve bazı yazarlar tarafından TPM'nin belirlenmesinde güvenilir bir yöntem olarak kabul edilmiştir (Croon ve ark., 1986; Marmesat ve ark., 2007; Osawa ve ark., 2012). Örneklerin TPM değerleri üzerine kızartma metodu ve kızartma süresinin önemli derecede etkili olduğu görülmektedir (EK. B.21).

Ayçiçek yağının TPM'si, tüm kızartma işlemleri için doğrusal olarak artmıştır. Bu beklenen bir sonuçtur, çünkü literatürde, farklı yağ çeşitleri için, farklı tekniklerle ölçülen toplam polar bileşiklerde, artan kızartma süresiyle önemli bir artış kaydedildiği bildirilmektedir (Gharachorloo ve ark., 2010; Chen ve ark., 2013). Aydeniz ve Yılmaz, (2012) kanola yağının TPM değerinin 5 günlük kızartma işlemi sonunda %6.72'den %23.5'e çıktığını tespit etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda ayrıca sensör okuma tekniğinin kolon kromatografisi tekniği ile benzer sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.



**Şekil 4.2.5** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patateslerin kızartılması sırasındaki toplam polar madde (TPM) değerleri

(▲)FK  $y=0.15x+10.6$   $R^2=0.988$

(■)MK360W  $y=0.41x+14.75$   $R^2=0.956$

(△)MK600W  $y=0.41x+10.67$   $R^2=0.989$

(○)MK900W  $y=0.43x+11.30$   $R^2=0.994$

Hata çubukları standart sapma değerlerini gösterir (n=3)

\*Aynı günde farklı harflere sahip ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0,05).

Türk Gıda Kodeksine göre kızartma yağında TPM limit değeri %25'dir. Bu limit, mikrodalgada kızartma sırasında 360W güç seviyesinde ilk günden sonra, 600W ve 900W güç seviyelerinde ise ikinci günden sonra aşılmıştır. Mikrodalga kızartma işleminde, beşinci günün sonunda TPM değeri %38.5-42.0 arasında iken, derin yağda kızartma işleminde %22 olarak ölçülmüştür. Fritözde kızartma işleminde ise beşinci günün sonunda TPM değerinin halen limitin altında olduğu görülmektedir. Mikrodalgada kızartma sırasında yağ örneklerinin TPM değerlerinin FK örneklerine

göre önemli derecede hızlı artış gösterdiği açıktır. Elde edilen bu sonuç çalışmanın diğer sonuçları ile uyum içerisinde dir.

MK 360W örneğinin TPM değerinin MK 600W ve MK900W örneklerine kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, MK 360 W örneğinin TPM değerindeki artış oranı günden güne azalmış ve MK360 W örneğinin TPM değeri, son gün MK 900 W örneğinkine ile aynı seviyeye ulaşmıştır. Mikrodalga kızartma işleminin ilk günü, yağ, 360W ve 900W'ta sırasıyla yaklaşık 11.6 saat ve 7.4 saat boyunca ısıtma işlemi tabii tutulmuştur. Mikrodalga kızartma işleminin son günlerinde ise, yağ miktarında düşüş ve yağın polaritesinde artış olması sebebiyle, yağı istenen sıcaklığa ısıtmak için gereken süre azalmıştır. Beşinci günde toplam işlem süresi, 360W ve 900W'de sırasıyla 7.6 saat ve 5.6 saat olarak ölçülmüştür. Farklı güç seviyelerinde, artan kızartma günü ile yağın maruz kaldığı günlük toplam işlem süreleri arasındaki fark azalmaktadır ancak bunun elde edilen TPM değerlerine fazla bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Bu durum TPM değerini etkileyen tek faktörün işlem süresi olmadığını göstermektedir.

Kızartma ve ısıtma işlemleri sırasında elde edilen TPM değerleri karşılaştırıldığında, mikrodalgada ısıtma/kızartma işlemlerinde, işlemin ilk günlerinde TPM değerlerinin oldukça benzer olduğu ancak ilerleyen sürelerde mikrodalgada ısıtma sırasında TPM'deki artışın mikrodalga kızartmaya göre daha hızlı olduğu görülmektedir. Beşinci günün sonunda, ısıtma işlemi sonrası mikrodalganın 360W, 600W ve 900W güçlerinde işlem gören yağların TPM değerleri sırası ile 65, 48 ve 47 iken kızartma işlemi sonrası bu değerler sırası ile 41, 38 ve 42 olarak ölçülmüştür. Mikrodalga kızartma işlemi sırasında ısıtma işlemine kıyasla birincil ve ikincil oksidasyon ürünlerinin daha az olması bu sonuç ile uyum içerisinde dir. Fritözde yapılan işlemler için ise bu durumun tersi söz konusudur.

#### **4.2.6 Kırılma İndisi (Kİ)**

Kızartma işlemi sırasında yağ örneklerinin Kİ değerlerindeki değişim Çizelge 4.3 'de verilmiştir. Örneklerin Kİ değerleri üzerine kızartma metodu ve kızartma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK. B.22). MK örneklerinin kırılma



indisi değerleri ilk gün önemli derecede artmış, sonrasında yaklaşık stabil kalmış, FK rneğinininki ise düzensiz bir seyir izlemiştir. Tüm rnekler için kırılma indisi değerleri kızartma işleminin sonunda başlangıç değerine göre önemli derecede artış göstermiştir (EK B23-26). Kızartmanın son günündeki kırılma indisi değerleri sırasıyla MF900>MF600> FK> MF360 şeklinde-dir.

**Çizelge 4.3** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patates kızartılması sırasındaki kırılma indisi değerleri

Zaman (gün)	Kırılma indisi			
	FK	MK 360W	MK 600W	MK 900W
0	1.4710±0.00Ca	1.4710±0.00Ba	1.4710±0.00Ca	1.4710±0.00Ca
1	1.4732±0.00Aa	1.4720±0.00Ab	1.4723±0.00Bc	1.4731±0.00Bd
2	1.4732±0.00Aa	1.4720±0.00Ab	1.4725±0.00Bc	1.4736±0.00Ad
3	1.4707±0.00Ca	1.4721±0.00Ab	1.4729±0.00Ac	1.4739±0.00Ad
4	1.4708±0.00Ca	1.4722±0.00Ab	1.4731±0.00Ac	1.4736±0.00Ad
5	1.4725±0.00Ba	1.4722±0.00Ab	1.4731±0.00Ac	1.4738±0.00Ad

Değerler, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=3)

Aynı sütunda yer alan büyük harfler her bir ısıtma koşulu için günleri karşılaştırmaktadır

Aynı satırda yer alan küçük harfler her bir gün için ısıtma koşullarını karşılaştırmaktadır (p<0,05)

#### 4.2.7 Viskozite

Isıl işlem sırasında oksidasyon sonucu oluşan pek çok polimerik bileşik viskozitenin artışında rol oynamaktadır. Örneklerin viskozite değerleri izelge 4.4'te verilmektedir. Örneklerin viskozite değerleri üzerine kızartma metodu ve kızartma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK. B.27). Tüm örneklerin viskozite değerlerinin artan süre ile lineer olarak arttığı grlmştir ( $r^2 \geq 0.98$ ). FK rneğinde MK örneklerine göre daha düşük viskozite değerleri tespit edilmiştir. İşlem sonunda MK 900W rneği en yüksek viskozite değerine sahip olmuştur.

Kızartma ve ısıtma işlemleri sırasında elde edilen viskozite değerleri karşılaştırıldığında, fritözde yapılan ısıtma/kızartma işlemleri için elde edilen viskozite değerlerinin, işlem süresince birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Mikrodalgada ısıtma/kızartma işlemlerinde ise, işlemin ilk günlerinde viskozite değerlerinin oldukça benzer olduğu ancak ilerleyen sürelerde mikrodalgada ısıtma sırasında viskozitedeki artışın mikrodalga kızartmaya göre daha hızlı olduğu

görülmektedir. Aradaki fark mikrodalga'nın en düşük güç seviyesi için daha belirgindir. Beşinci günün sonunda, ısıtma işlemi sonrası mikrodalga'nın 360W, 600W ve 900W güçlerinde işlem gören yağların viskozite değerleri sırası ile 151.6, 117.6 ve 98.7 iken kızartma işlemi sonrası bu değerler sırası ile 69.6, 67.8 ve 76.3 olarak ölçülmüştür. Bu sonucun çalışmanın elde edilen diğer sonuçları ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Mikrodalga kızartma sırasında elde edilen  $K_{232}$ ,  $K_{270}$  ve TPM değerleri mikrodalga ısıtma sırasında elde edilen değerlerden daha düşük bulunmuştur. Al-Habri ve Al-Kabtani, (1993) oksidatif değişiklikler sonucu oluşan polar grupların yüksek molekül ağırlıklı polar bileşiklerin oluşumunu artırdığını bildirmişlerdir.

**Çizelge 4.4** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patates kızartılması sırasındaki viskozite değerleri

Zaman (gün)	Viskozite			
	FK	MK 360W	MK 600W	MK 900W
0	37.67±0.03A	37.36±0.03A	37.67±0.03A	37.67±0.03A
1	39.74±0.02B	45.20±0.06B	38.80±0.05B	43.61±0.02B
2	41.45±0.04C	53.76±0.13C	47.41±0.09C	50.84±0.03C
3	44.53±0.03D	60.29±0.07D	55.57±0.12D	61.42±0.01D
4	45.42±0.02E	65.23±0.11E	61.19±0.09E	67.44±0.08E
5	48.51±0.03F	69.56±0.11F	67.76±0.11F	76.29±0.06F

Değerler, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=3)

Aynı sütunda yer alan büyük harfler her bir ısıtma koşulu için günleri karşılaştırmaktadır (p < 0.05)

#### 4.2.8 Renk

Renk, kızartma yağı kalitesini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan fiziksel parametrelerden biridir. Tüm örneklerin kırmızılık (R) ve sarılık (Y) değerlerinin özellikle birinci günden sonra artan kızartma döngüsü ile belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir (Çizelge 4.5). Artan kızartma süresi ile kızartma yağının kırmızılık ve sarılık değerlerinde artış olduğu bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Pantzaris, 1998; Maskan, 2003). Maskan, (2003) ayçiçeği yağının Hunter-a ve Hunter-b değerlerinde, derin yağda kızartma işlemi sırasında önemli derecede artış kaydetmiştir. Bu durum, tokoferol oksidasyonundan oluşan ve koyu kırmızı bir renge sahip olan kroman-5,6-kinonların oluşumuna bağlanmıştır.

Örneklerin renk değerleri üzerine kızartma metodu ve kızartma süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (EK. B.28). Uçucu olmayan bozunma ürünlerinin toplanmasının yağ rengini değiştirdiği bildirilmiştir (Perkins, 1967). Farklı yazarlar tarafından, kızartmada sık kullanımın bir sonucu olarak, farklı türde yağların kırmızılık ve sarılık değerlerinde artış olduğu bildirilmiştir (Paul ve ark., 1996; Mudawi ve ark., 2014). Yağ ve patates kızartması arasındaki etkileşimlerin, ayçiçeği yağının renk değerlerinde bir artışa neden olabileceği düşünülmektedir. Velasco ve ark., (2009) tarafından kızartma yağına sızan pigmentlerin ve Maillard reaksiyon ürünlerinin kızartma yağının renk değişimlerine katkıda bulunduğu bildirilmiştir. Mikrodalga kızartması sırasında R değerleri 0.97'den 3.77- 4.65'e, Y değerleri 15.0'dan 63.5-70.0'a yükselmiştir. Mikrodalga gücünün renk parametreleri açısından etkili olduğu ve en düşük güç seviyesi olan 360W'ın ilk kızartma gününden sonra diğer güç seviyelerine göre daha yüksek R ve Y değerlerine neden olduğu tespit edilmiştir.

Yağın rengine bakıldığında tüm yöntemler için kızartma işleminde ısıtma işlemine göre daha yüksek renk değerleri elde edildiği görülmektedir. Bu beklenen bir sonuçtur. Gıda ile yağın etkileşiminin yağın rengi üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Maillard reaksiyonlarında, Amadori ürünleri veya ön-melanoidinler adı verilen birçok ara ürün, kızartma sıcaklıklarında hızlı bir şekilde polimerize olarak koyu renkte moleküller (melanoidinler) oluştururlar. Pokorny, (1998) Maillard esmerleşme ürünleri ve öncüllerinin, kızartma yağının renginin değişmesine neden olan temel maddeler olduğunu bildirmiştir. L alas ve ark., (2006) kızartma işlemi sırasında yağın renk değişiminde, gıdadan yağa geçen pigmentlerin etkili olduğunu bildirmişlerdir.

**Çizelge 4.5** Ayçiçek yağının fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patates kızartılması renk değerleri

Zaman (gün)	R				Y			
	FK	MK 360W	MK 600W	MK 900W	FK	MK 360W	MK 600W	MK 900W
0	0.97±0.06Aa	0.97±0.06Aa	0.97±0.06Aa	0.97±0.06Aa	15.00±0.00Aa	15.00±0.00Aa	15.00±0.00Aa	15.00±0.00Aa
1	1.10±0.00Aa	1.40±0.00Bb	1.10±0.00Aa	1.60±0.14Bb	14.00±0.00Ba	16.00±0.00Bb	13.00±0.00Ac	16.00±0.00Ab
2	1.63±0.06Ba	2.45±0.07Cb	2.00±0.00Bc	2.30±0.00Cb	18.27±0.46Ca	39.00±0.00Cb	27.00±0.00Bc	35.00±0.00Bd
3	2.30±0.00Ca	3.25±0.07Db	2.55±0.07Cac	2.80±0.14Dc	24.30±0.00Da	57.00±0.00Db	39.00±0.00Cc	51.00±0.00Cd
4	3.10±0.00Da	4.45±0.07Eb	2.93±0.26Ca	3.00±0.14Da	39.00±0.00Ea	70.00±0.00Eb	49.90±2.20Dc	57.00±0.00Cd
5	5.40±0.00Ea	4.65±0.07Eb	3.77±0.06Dc	4.40±0.00Ed	71.35±0.35Fa	70.00±0.00Fa	69.50±0.00Ea	63.50±0.46Ca

Değerler, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=3)

Aynı sütunda yer alan büyük harfler her bir ısıtma koşulu için günleri karşılaştırmaktadır

Aynı satırda yer alan küçük harfler her bir gün için ısıtma koşullarını karşılaştırmaktadır

(p<0,05)

#### 4.2.9 Yağ Asitleri Kompozisyonu

Yağ asidi kompozisyonu beslenme açısından önemlidir. İnsan sağlığı açısından yüksek seviyede çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) istenmektedir. Öte yandan, PUFA'ların yüksek sıcaklık koşulları altında kararsız oldukları bilinmektedir. Yağ örneklerinin yağ asidi bileşimleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında ısıtılma işlemlerden sonra major tekli doymamış yağ asidi (MUFA) (C18:1) ve doymuş yağ asitleri artarken sadece PUFA (18:2)'nin düştüğü görülmektedir. Literatürde derin yağda kızartma (Zhang ve ark., 2016) ve mikrodalga kızartma (Gharachorloo ve ark., 2010) işlemleri sırasında linoleik asit içeriğinde azalma olduğu bildirilmiştir. Mikrodalgada kızartma işlemi sırasında ayçiçek yağının linoleik asit içeriğindeki kayıp fritözde kızartma işlemine göre daha fazladır (Çizelge 4.6). Tüm örneklerin MUFA ve PUFA içeriklerinde artan kızartma süresiyle lineer bir azalma olduğu görülmektedir. PUFA içeriğindeki azalma FK örneklerinde %12.1 iken MK 360W, MK600W, MK 900W örneklerinde sırası ile %16.8, %16.6 ve %18.5 olarak hesaplanmıştır.

Çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu konjuge yapıların oluşmasına neden olmaktadır.  $K_{232}$  değerindeki artış konjuge dienlerin oluşması ile ilişkilidir (Bendini ve ark., 2009). Kızartmanın ilk günlerinde, fritözde kızartma ile karşılaştırıldığında mikrodalga kızartma sırasında  $K_{232}$  değerlerindeki artışın daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni mikrodalga kızartma işleminin yağın oksidasyon derecesini artırması olabilir.

**Çizelge 4.6** Ayçiçek yağının işlem görmeden önce ve fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patates kızartılması sırasındaki yağ asidi kompozisyonları. Değerler, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=2)

Yağ asitleri (%)	Fritöz					
	İşlem görmemiş	Gün 1	Gün 2	Gün 3	Gün 4	Gün 5
caprylic acid (C8:0)	0.003±0.000	0.015±0.001	0.031±0.001	0.051±0.004	0.077±0.002	0.079±0.002
lauric acid (C12:0)	0.002±0.000	0.007±0.001	0.010±0.001	0.019±0.004	0.020±0.002	0.026±0.001
myristic acid (C14:0)	0.070±0.002	0.087±0.007	0.103±0.002	0.137±0.008	0.144±0.003	0.171±0.001
pentadecanoic acid (C15:0)	0.014±0.001	0.016±0.001	0.014±0.001	0.026±0.003	0.026±0.002	0.019±0.000
palmitic acid (C16:0)	6.064±0.033	6.724±0.091	7.339±0.004	8.143±0.134	8.953±0.004	10.075±0.026
palmitoleic acid (C16:1)	0.098±0.001	0.099±0.002	0.103±0.001	0.114±0.009	0.118±0.001	0.111±0.001
heptadecanoic acid (C17:0)	0.036±0.001	0.040±0.004	0.039±0.001	0.044±0.007	0.040±0.001	0.047±0.001
cis-10-heptadecanoic acid (C17:1)	0.024±0.001	0.026±0.001	0.029±0.004	0.026±0.002	0.019±0.001	0.027±0.001
stearic acid (C18:0)	4.078±0.002	4.152±0.025	4.163±0.001	4.115±0.176	4.179±0.010	4.332±0.019
elaidic acid (C18:1n9t)	0.024±0.000	0.037±0.001	0.045±0.001	0.054±0.003	0.056±0.002	0.091±0.001
oleic acid (C18:1n9c)	28.069±0.089	28.696±0.018	29.128±0.020	29.219±0.088	29.830±0.028	30.771±0.042
linolelaidic acid (C18:2n6t)	0.007±0.000	0.005±0.001	0.011±0.000	0.013±0.002	0.038±0.001	0.020±0.000
linoleic acid (C18:2n6c)	59.795±0.138	58.356±0.052	57.230±0.028	56.378±0.116	54.789±0.017	52.443±0.072
arachidic acid (C20:0)	0.296±0.004	0.304±0.014	0.303±0.004	0.301±0.020	0.300±0.005	0.326±0.001
cis-11-eicosenoic acid (C20:1)	0.147±0.000	0.148±0.018	0.156±0.004	0.145±0.021	0.161±0.008	0.162±0.002
linolenic acid (C18:3n6)	0.073±0.001	0.074±0.000	0.086±0.001	0.074±0.005	0.095±0.001	0.081±0.007
cis-11,14-eicosadienoic acid (C20:2)	0.007±0.000	0.017±0.000	0.024±0.000	0.030±0.006	0.033±0.001	0.046±0.000
behenic acid (C22:0)	0.798±0.002	0.789±0.001	0.776±0.000	0.715±0.047	0.711±0.002	0.750±0.002
erucic acid (C22:1n9)	0.006±0.000	0.005±0.000	0.006±0.000	0.011±0.003	0.002±0.000	0.006±0.001
arachidonic acid (C20:4n6)	0.023±0.001	0.025±0.001	0.028±0.001	0.026±0.002	0.039±0.000	0.018±0.000
tricosanoic acid (C23:0)	0.033±0.000	0.038±0.001	0.040±0.000	0.043±0.003	0.027±0.001	0.036±0.004
lignoceric acid (C24:0)	0,297±0,000	0,295±0,007	0,292±0,002	0,275±0,003	0,280±0,003	0,291±0,003
nervonic acid (C24:1)	0,018±0,000	0,021±0,001	0,011±0,001	0,008±0,003	0,005±0,000	0,021±0,001
cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid (C22:6n3) DHA	0,018±0,001	0,025±0,001	0,033±0,002	0,034±0,004	0,056±0,002	0,049±0,000

**Çizelge 4.6** Ayçiçek yağının işlem görmeden önce ve fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patates kızartılması sırasındaki yağ asidi kompozisyonları. Değerler, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=2) (devamı)

Yağ asitleri (%)	MK 360W					
	İşlem görmemiş	Gün 1	Gün 2	Gün 3	Gün 4	Gün 5
caprylic acid (C8:0)	0.003±0.000	0,065±0,000	0,113±0,006	0,161±0,004	0,164±0,002	0,164±0,003
lauric acid (C12:0)	0.002±0.000	0,007±0,001	0,014±0,002	0,018±0,003	0,026±0,001	0,033±0,000
myristic acid (C14:0)	0.070±0.002	0,091±0,003	0,116±0,007	0,144±0,006	0,154±0,001	0,174±0,000
pentadecanoic acid (C15:0)	0.014±0.001	0,016±0,004	0,020±0,001	0,013±0,002	0,019±0,000	0,026±0,001
palmitic acid (C16:0)	6.064±0.033	7,031±0,095	8,008±0,180	8,850±0,032	9,592±0,001	10,344±0,025
palmitoleic acid (C16:1)	0.098±0.001	0,105±0,005	0,110±0,000	0,119±0,005	0,114±0,003	0,118±0,006
heptadecanoic acid (C17:0)	0.036±0.001	0,041±0,001	0,042±0,005	0,043±0,003	0,044±0,001	0,051±0,003
cis-10-heptadecanoic acid (C17:1)	0.024±0.001	0,025±0,002	0,027±0,000	0,036±0,003	0,023±0,000	0,032±0,001
stearic acid (C18:0)	4.078±0.002	4,392±0,152	4,549±0,032	4,532±0,017	4,651±0,028	4,714±0,002
elaidic acid (C18:1n9t)	0.024±0.000	0,072±0,000	0,100±0,003	0,104±0,003	0,133±0,000	0,135±0,003
oleic acid (C18:1n9c)	28.069±0.089	29,628±0,106	30,466±0,038	30,776±0,172	31,823±0,006	32,575±0,046
linolelaidic acid (C18:2n6t)	0.007±0.000	0,024±0,000	0,032±0,002	0,058±0,002	0,041±0,001	0,017±0,001
linoleic acid (C18:2n6c)	59.795±0.138	56,612±0,039	54,456±0,230	53,277±0,134	51,216±0,002	49,618±0,099
arachidic acid (C20:0)	0.296±0.004	0,325±0,004	0,340±0,020	0,320±0,004	0,353±0,022	0,357±0,009
cis-11-eicosenoic acid (C20:1)	0.147±0.000	0,158±0,005	0,163±0,007	0,156±0,000	0,172±0,005	0,168±0,003
linolenic acid (C18:3n6)	0.073±0.001	0,066±0,003	0,070±0,002	0,077±0,011	0,074±0,001	0,067±0,001
cis-11,14-eicosadienoic acid (C20:2)	0.007±0.000	0,031±0,002	0,047±0,000	0,052±0,003	0,071±0,000	0,056±0,001
behenic acid (C22:0)	0.798±0.002	0,855±0,055	0,856±0,009	0,802±0,001	0,833±0,002	0,852±0,003
erucic acid (C22:1n9)	0.006±0.000	0,006±0,000	0,006±0,001	0,001±0,000	0,010±0,001	0,006±0,001
arachidonic acid (C20:4n6)	0.023±0.001	0,026±0,003	0,017±0,001	0,027±0,002	0,026±0,001	0,017±0,002
tricosanoic acid (C23:0)	0.033±0.000	0,039±0,009	0,040±0,001	0,038±0,001	0,043±0,001	0,040±0,000
lignoceric acid (C24:0)	0,297±0,000	0,326±0,004	0,324±0,000	0,296±0,000	0,318±0,004	0,327±0,001
nervonic acid (C24:1)	0,018±0,000	0,014±0,002	0,010±0,000	0,012±0,002	0,007±0,000	0,008±0,001
cis-4,7,10,13,16,19-docosaheptaenoic acid (C22:6n3) DHA	0,018±0,001	0,046±0,002	0,074±0,008	0,090±0,003	0,096±0,001	0,101±0,006

**Çizelge 4.6** Ayçiçek yağının işlem görmeden önce ve fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patates kızartılması sırasındaki yağ asidi kompozisyonları. Değerler, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=2) (devamı)

Yağ asitleri (%)	İşlem görmemiş	MK 600W				
		Gün 1	Gün 2	Gün 3	Gün 4	Gün 5
caprylic acid (C8:0)	0.003±0.000	0,066±0,002	0,102±0,001	0,112±0,000	0,130±0,000	0,150±0,008
lauric acid (C12:0)	0.002±0.000	0,002±0,000	0,015±0,003	0,016±0,000	0,021±0,003	0,028±0,001
myristic acid (C14:0)	0.070±0.002	0,093±0,001	0,116±0,005	0,130±0,006	0,150±0,001	0,173±0,005
pentadecanoic acid (C15:0)	0.014±0.001	0,017±0,002	0,018±0,002	0,019±0,001	0,019±0,001	0,018±0,002
palmitic acid (C16:0)	6.064±0.033	6,909±0,012	7,720±0,012	8,698±0,011	9,566±0,005	10,456±0,009
palmitoleic acid (C16:1)	0.098±0.001	0,113±0,000	0,108±0,002	0,114±0,002	0,111±0,007	0,114±0,001
heptadecanoic acid (C17:0)	0.036±0.001	0,044±0,000	0,038±0,001	0,044±0,000	0,047±0,001	0,048±0,001
cis-10-heptadecanoic acid (C17:1)	0.024±0.001	0,026±0,001	0,029±0,002	0,027±0,001	0,026±0,003	0,028±0,001
stearic acid (C18:0)	4.078±0.002	4,141±0,034	4,240±0,028	4,577±0,057	4,621±0,030	4,676±0,061
elaidic acid (C18:1n9t)	0.024±0.000	0,053±0,002	0,074±0,003	0,098±0,006	0,110±0,006	0,131±0,001
oleic acid (C18:1n9c)	28.069±0.089	28,726±0,222	29,704±0,161	31,080±0,177	31,762±0,046	32,465±0,202
linolelaidic acid (C18:2n6t)	0.007±0.000	0,030±0,004	0,031±0,002	0,035±0,000	0,037±0,001	0,049±0,002
linoleic acid (C18:2n6c)	59.795±0.138	58,047±0,268	56,102±0,162	53,093±0,159	51,440±0,009	49,676±0,167
arachidic acid (C20:0)	0.296±0.004	0,291±0,001	0,296±0,035	0,343±0,008	0,349±0,005	0,356±0,003
cis-11-eicosenoic acid (C20:1)	0.147±0.000	0,140±0,008	0,136±0,008	0,164±0,008	0,163±0,004	0,172±0,002
linolenic acid (C18:3n6)	0.073±0.001	0,074±0,002	0,068±0,006	0,068±0,001	0,067±0,001	0,072±0,001
cis-11,14-eicosadienoic acid (C20:2)	0.007±0.000	0,024±0,003	0,042±0,003	0,043±0,003	0,047±0,001	0,047±0,000
behenic acid (C22:0)	0.798±0.002	0,751±0,022	0,752±0,054	0,866±0,033	0,845±0,014	0,844±0,021
erucic acid (C22:1n9)	0.006±0.000	0,004±0,001	0,005±0,001	0,006±0,001	0,006±0,000	0,006±0,000
arachidonic acid (C20:4n6)	0.023±0.001	0,029±0,002	0,014±0,003	0,016±0,000	0,016±0,000	0,016±0,001
tricosanoic acid (C23:0)	0.033±0.000	0,029±0,002	0,033±0,000	0,041±0,005	0,042±0,009	0,043±0,000
lignoceric acid (C24:0)	0,297±0,000	0,280±0,016	0,270±0,000	0,328±0,015	0,327±0,004	0,326±0,000
nervonic acid (C24:1)	0,018±0,000	0,070±0,001	0,023±0,001	0,014±0,000	0,010±0,000	0,010±0,000
cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid (C22:6n3) DHA	0,018±0,001	0,041±0,001	0,065±0,002	0,072±0,004	0,086±0,000	0,096±0,003



**Çizelge 4.6** Ayçiçek yağının işlem görmeden önce ve fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak beş gün süre ile patates kızartılması sırasındaki yağ asidi kompozisyonları. Değerler, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=2) (devamı)

Yağ asitleri (%)	İşlem görmemiş	MK 900W				
		Gün 1	Gün 2	Gün 3	Gün 4	Gün 5
caprylic acid (C8:0)	0.003±0.000	0,045±0,001	0,104±0,012	0,117±0,002	0,151±0,003	0,179±0,002
lauric acid (C12:0)	0.002±0.000	0,009±0,001	0,013±0,002	0,014±0,001	0,021±0,001	0,025±0,003
myristic acid (C14:0)	0.070±0.002	0,088±0,004	0,116±0,007	0,132±0,006	0,155±0,005	0,187±0,002
pentadecanoic acid (C15:0)	0.014±0.001	0,017±0,000	0,024±0,002	0,019±0,005	0,018±0,000	0,021±0,001
palmitic acid (C16:0)	6.064±0.033	6,960±0,061	7,787±0,003	8,760±0,022	9,779±0,091	10,946±0,086
palmitoleic acid (C16:1)	0.098±0.001	0,099±0,002	0,117±0,000	0,107±0,007	0,113±0,004	0,119±0,008
heptadecanoic acid (C17:0)	0.036±0.001	0,042±0,001	0,041±0,002	0,043±0,001	0,051±0,002	0,051±0,003
cis-10-heptadecanoic acid (C17:1)	0.024±0.001	0,023±0,001	0,028±0,000	0,027±0,003	0,030±0,002	0,028±0,001
stearic acid (C18:0)	4.078±0.002	4,370±0,036	4,350±0,016	4,556±0,005	4,685±0,071	4,798±0,098
elaïdic acid (C18:1n9t)	0.024±0.000	0,057±0,000	0,099±0,003	0,102±0,001	0,123±0,003	0,145±0,006
oleic acid (C18:1n9c)	28.069±0.089	29,437±0,199	29,963±0,111	31,109±0,035	31,917±0,076	32,884±0,070
linolelaidic acid (C18:2n6t)	0.007±0.000	0,017±0,000	0,020±0,002	0,033±0,002	0,045±0,000	0,053±0,001
linoleic acid (C18:2n6c)	59.795±0.138	56,909±0,101	55,468±0,134	53,008±0,086	50,915±0,124	48,517±0,173
arachidic acid (C20:0)	0.296±0.004	0,329±0,001	0,312±0,005	0,342±0,009	0,354±0,010	0,366±0,003
cis-11-eicosenoic acid (C20:1)	0.147±0.000	0,159±0,002	0,162±0,001	0,163±0,002	0,164±0,019	0,174±0,002
linolenic acid (C18:3n6)	0.073±0.001	0,070±0,000	0,070±0,003	0,066±0,003	0,067±0,000	0,066±0,001
cis-11,14-eicosadienoic acid (C20:2)	0.007±0.000	0,025±0,000	0,043±0,002	0,056±0,001	0,051±0,002	0,052±0,001
behenic acid (C22:0)	0.798±0.002	0,865±0,029	0,797±0,023	0,854±0,012	0,849±0,002	0,857±0,038
erucic acid (C22:1n9)	0.006±0.000	0,009±0,001	0,009±0,000	0,006±0,000	0,005±0,000	0,008±0,001
arachidonic acid (C20:4n6)	0.023±0.001	0,027±0,001	0,034±0,000	0,021±0,001	0,016±0,001	0,021±0,001
tricosanoic acid (C23:0)	0.033±0.000	0,041±0,003	0,043±0,001	0,045±0,001	0,045±0,004	0,051±0,007
lignoceric acid (C24:0)	0,297±0,000	0,333±0,013	0,309±0,017	0,327±0,002	0,324±0,003	0,331±0,012
nervonic aid (C24:1)	0,018±0,000	0,035±0,001	0,029±0,001	0,013±0,000	0,023±0,001	0,010±0,001
cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid (C22:6n3)	0,018±0,001	0,036±0,001	0,062±0,000	0,078±0,001	0,100±0,008	0,112±0,004
DHA						

Genel olarak bakıldığında, ayçiçeği yağı örneğinin mikrodalga kızartması sırasında, geleneksel kızartmaya göre daha yüksek SYA, K<sub>232</sub>, K<sub>270</sub>, TPM ve viskozite değerlerine ve daha düşük PUFA içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Mikrodalgada kızartma işleminde yağ örneklerinin yüksek sıcaklıklara daha uzun süre maruz kaldığı görülmektedir. Aynı zamanda bu süre içerisinde yağ mikrodalga enerjisine de maruz kalmaktadır. Yapılan bir çalışmada, sıcaklık 40°C'nin altında tutulduğu zaman, sadece mikrodalga enerjisinin yağın bozulmasına etki etmediği kaydedilmiştir (Albi ve ark, 1997a, b). Hem zaman hem de işlem türünün, yağ bozulma derecesinde önemli faktörler olduğu düşünülmektedir. Ancak, hangi faktörün hangi seviyede etkili olduğunu belirlemek mümkün değildir. Mikrodalga güç seviyesinin incelenen parametreler açısından önemli bir faktör olduğu tespit edilmiştir. MK 360W örneklerinin TPM, viskozite ve PUFA içeriğindeki azalma oranı mikrodalga kızartmanın ilk günlerinde daha yüksekken, kızartmanın son gününde MK 900W örneğindeki daha yüksektir. TPC'deki artışa paralel olarak PUFA içeriğindeki azalma beklenen bir sonuçtur

#### **4.2.10 Kızartılmış Patates Analizleri**

Donmuş patatesin ilk nem ve yağ içerikleri sırası ile %71.7 (y.b.) ve %4.1 (y.b.) olarak bulunmuştur. Kızartılmış patateslerin nem oranı, yağ oranı ve toplan renk değişimleri Çizelge 4.7'da verilmektedir. Fritözde kızartılmış örneklerin yağ oranları %6.8-7.9 değerleri arasında iken mikrodalgada kızartılan örneklerin yağ oranları %4.0-6.0 değerleri arasındadır. Literatürde, patates kızartmasının yağ içeriğinin %10-15 (y.b.) arasında değiştiği bildirilmiştir (Miranda ve Aguilera 2006). Mikrodalgada kızartılmış örneklerin yağ ve nem içeriklerinin fritözde kızartılanlara kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç literatürle uyumlu bulunmuştur. Öztop ve ark., (2007) çalışmasında, mikrodalga kızartması sırasında yağın ürün içerisine difüzyonunun suyun yüksek buharlaşma hızı nedeni ile sınırlandırıldığını yorumlamışlardır. Moreira ve ark., (1997) yağın, derin yağda kızartma sırasında değil, çoğunlukla soğutma sırasında patates tarafından emildiğini bildirmiştir. Bununla birlikte, yağ emilim mekanizması, mikrodalga kızartması sırasında halen net değildir. Yağ bozulma seviyesinin artmasıyla tüm örneklerin yağ içeriğinde hafif bir düşüş olmuş, ancak bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Literatürde farklı gıdaların derin yağda kızartılması sırasında benzer

bulgular kaydedilmiştir. Dobarganes ve ark., (2000) kullanılan yağın kalitesi nedeniyle ön kızartma işlemi yapılarak dondurulmuş gıdaların yağ içeriğinde önemli bir farklılık tespit etmemişlerdir. Rafine edilmiş soya yağında kızartılmış tortilla cipsleri için de benzer bir bulgu rapor edilmiştir (Tseng ve ark., 1996). Genel olarak, mikrodalga kızartması sırasında en düşük güç seviyesi daha fazla yağ emilimine neden olmuştur. Nem oranına bakıldığında ise mikrodalgada kızartma işleminin örneklerde daha fazla nem kaybı yarattığı görülmektedir ki bu beklenen bir sonuçtur. Güç seviyesi arttıkça nem içeriği azalmıştır. Mikrodalgada kızartılmış örneklerin nem içeriğinde yağın degradasyonu arttıkça hafif bir artış olmuştur.

Renk, derin yağda kızartılmış ürünlerin diğer bir kalite kriteridir. Fritözde kızartılan örneklerin  $\Delta E$  değerlerinin artan kızartma döngüsü ile arttığı mikrodalgada kızartılan örneklerinkilerin ise yaklaşık olarak aynı kaldığı görülmektedir. Kızartma sırasında gıdaların renk değişimlerinde, gıdalardaki kimyasal esmerleşme reaksiyonları, gıda tarafından absorbe edilen yağ, kızartma işleminin sıcaklığı ve süresi, vb. gibi bazı faktörlerin etkili olduğu bildirilmektedir (Loewe, 1993). İlk gün derin yağda kızartmaya kıyasla mikrodalgada kızartmanın en yüksek güç seviyesinde kızartılmış olan patates örneğinin  $\Delta E$  değeri önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Sonraki günlerde genel olarak tüm örneklerin  $\Delta E$  değerlerinin benzer olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.7** Fritöz (FK) kullanılarak ve mikrodalga fırının 360W (MK 360W), 600W (MK 600W), 900W (MK 900W) güç seviyeleri kullanılarak kızartılan patateslerin nem , yağ oranları,  $\Delta E$  değerleri

	Gün	FK	MK360	MK600	MK900
<b>Nem oranı (%y.b.)</b>	1	52.95±0.98Aa	41.41±0.85Ab	37.20±0.51Ac	35.47±0.64Ac
	3	51.22±0.65ABa	47.68±0.45Bb	41.24±0.43Bc	37.73±0.30Ad
	5	49.15±1.02Ba	48.70±1.22Ba	40.61±0.02Bb	39.58±1.07Ab
<b>Yağ oranı (%y.b.)</b>	1	7.90±1.40Aa	6.02±0.59Ab	4.61±0.29Ac	4.95±0.53Ac
	3	7.02±0.23Aa	5.36±0.09Ab	4.20±0.74Ac	4.00±1.02Ac
	5	6.83±0.78Aa	5.34±1.03Ab	4.34±1.17Abc	4.13±0.91Ac
<b>Toplam renk değişimi (<math>\Delta E</math>)</b>	1	25.96±1.44Aa	29.25±1.90Aab	30.28±1.27Aab	31.76±1.65Ab
	3	30.55±1.77Ba	30.68±1.98Aa	29.78±1.74Aa	31.09±1.32Aa
	5	31.69±1.15Ba	28.29±1.64Aa	30.75±1.82Aa	32.65±1.65Aa

Değerler, ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=3)

Aynı sütunda yer alan büyük harfler her bir ısıtma koşulu için günleri karşılaştırmaktadır

Aynı satırda yer alan küçük harfler her bir gün için ısıtma koşullarını karşılaştırmaktadır

(p<0.05)

## SONUÇ

Genel olarak bakıldığında, mikrodalgada ısıtma işleminin geleneksel yöntemle ısıtmaya kıyasla yağın kalite parametrelerinde daha büyük değişime neden olduğu görülmektedir. Mikrodalgada ardışık kızartma işleminde güç seviyesinin yağın fizikokimyasal özellikleri üzerine önemli derecede etkili olduğu görülmektedir. En düşük mikrodalga güç seviyesi (360W), çalışılan diğer güç seviyelerine kıyasla, ısıtma periyodunun sonunda, ayçiçeği yağı örneklerinde önemli derecede yüksek TPM, kırılma indisi, viskozite, kırmızılık ve sarılık değerlerine ve daha düşük linoleik asit içeriğine neden olmuştur. Bunun yağında ısıtma periyodu sonunda mikrodalgada ısıtılan örneklerin SYA, peroksit,  $K_{232}$  ve  $K_{270}$  değerlerinin benzer olduğu görülmektedir.

Patates kızartılması işleminde de benzer şekilde, ayçiçek yağındaki bozunma oranının mikrodalga kızartma işleminde derin yağda kızartma işlemine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Toplam polar madde (TPM) seviyesinin mikrodalga kızartma işleminde, beşinci günün sonunda %39-42 seviyelerine çıktığı, derin yağda kızartma işleminde ise TPM değerinin bu süre sonunda halen %25 değerinin altında olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, çoklu doymamış yağ asitleri miktarındaki kayıp mikrodalga kızartma işleminde daha yüksektir. Bununla birlikte, mikrodalga kızartma işlemi, yağ içeriğini düşürerek kızartılmış patatesin kalitesi açısından önemli bir avantaj sağlamıştır. Yağın ardışık günlerdeki bozunma düzeyinin, her iki kızartma yöntemi için de, patatesin yağ çekme düzeyinde bir etkisi olmadığı görülmektedir.

Kızartma ve ısıtma işlemleri sırasında elde edilen değerler karşılaştırıldığında mikrodalgada kızartma işleminde elde edilen SYA ve renk değerlerinin ısıtma işleminde elde edilen değerlerden yüksek,  $K_{232}$ , TPM, viskozite değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmektedir. Fritözde kızartma işleminde de benzer şekilde SYA ve renk değerleri ısıtma işleminde elde edilen değerlerden yüksek, viskozite değeri ise düşük bulunmuş ancak  $K_{232}$  değerleri arasında fazla bir fark gözlenmemiştir. Fritözde kızartma işleminde ısıtma işlemine oranla daha yüksek TPM değerleri elde edilmiştir.

Mikrodalga ısıtmanın, belirli gıda işleme operasyonlarında zaman, alan ve enerji tasarrufu açılarından, beslenme değerinin korunması, işlem kontrolünün ve seçici ısıtmanın sağlanması gibi birçok avantaj sağladığı bildirilmektedir. Bununla birlikte mikrodalga enerjisinin ardışık kızartma işleminde kullanılmasında, yağın istenilen kızartma sıcaklığına çıkarılması için derin yağda kızartmaya kıyasla uzun zaman gerekiyor olması önemli bir dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır. İşlem süresinin uzamasına ek olarak, mikrodalgada ardışık kızartma işlemi sonucu, tüm güç seviyeleri için kızartma yağındaki bozunma oranı derin yağda kızartmaya kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Yağın bozunmasında, her iki yöntemin ısıtma mekanizmalarının farklı olması ile birlikte, yağın yüksek sıcaklıklara maruz kalma sürelerindeki farklılıkların birlikte etkili olduğu düşünülmektedir. Özellikle kızartmanın ilk günlerinde, yüksek güç seviyesi kullanımı ile mikrodalga kızartmadaki bu dezavantajların belirli bir dereceye kadar azaltılabileceği söylenebilir. Buna ek olarak patates kızartmasının yağ emilimi, mikrodalga güç seviyesinin artırılması ile azalmıştır. Ancak, kızartma işleminin son gününde, daha yüksek güç seviyesi, daha yüksek TPM değerleri, viskozite ve yağdaki PUFA içeriğinde daha yüksek bir düşüşe neden olmuştur.

Bu çalışma mikrodalga kullanılarak yapılan ardışık kızartma işlemi sırasında hem ayçiçeği yağı kalitesinin hem de kızartılmış ürün kalitesinin mikrodalga güç seviyesinden etkilendiğini göstermiştir. En yüksek güç seviyesi kızartma işleminin ilk günlerinde yağ kalitesi açısından daha iyi sonuçlar vermiştir ayrıca patatesin yağ emiliminde azalma sağlamıştır. Yapılan bu çalışma ile birlikte literatürde yapılmış olan önceki çalışmalar incelendiğinde, mikrodalgada kızartma işlemi kızartılmış ürün kalitesinin artırılması açısından yeni bir yöntem olarak önerilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Abdulkarim, S. M., Long, K., Lai, O. M., Muhammad, S. K. S., Ghazali, H. M. (2007). Frying quality and stability of higholeic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils. *Food Chemistry*, 10, 1382–1389.
- Aladedunye, F. (2015). Curbing thermo-oxidative degradation of frying oils: current knowledge and challenges. *European Journal of Lipid Science Technology*, 117, 1867-1881.
- Albi, T., Lanzon, A., Guinda, A., Perezcamino, M. C., Leon, M. (1997). Microwave and conventional heating effects on some physical and chemical parameters of edible fats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3000–3003.
- Al-Harbi, M. M., Al-Kabtani, H. A. (1993). Chemical and biological evaluation of discarded frying palm oil from commercial restaurants. *Food Chemistry*, 48: 395-401.
- Alım, H. (1978). Derin yağda kızartma işlemi ve kızartma yağında oksidatif değişimler, *Gıda Dergisi*, 3 (6) : 233 - 236.
- Al-Kahtani, H. A. (1991). Survey of quality of used frying oils from restaurants. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 68, 857-862.
- Alpaslan, M., Gündüz, H., (2000). The effects of growing conditions on oil content, fatty acid composition and tocopherol content of some sunflower varieties produced in Turkey. *Food*, 44(6): 437-437.
- Anastasi, U., Cammarata, M., Abbate, V. (2000). Yield potential and oil quality of sunflower (oleic and standart) grown between autumn and summer. *Italian Journal Agronomy*, 4(1): 23-36.
- Andreu-Sevilla, A. J., Hartmann, A., Burló, F., Poquet, N., Carbonell-Barrachina., A. A. (2009). Health benefits of using red palm oil in deep-frying potatoes: low acrolein emissions and high intake of carotenoids. *Food Science and Technology International*, 15, 15.
- Arioğlu, H. H. (2002). Nişasta ve şeker bitkileri ders kitabı. Genel Yayın No:188, Ders Kitapları Yayın No:A-57. Adana, 234 s.
- Arroyo, R., Cuesta, C., Lopez-Varela, S., Sanchez-Muniz, F. J. (1992). High-performance size-exclusion chromatographic studies on polar components formed in sunflower oil used for frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Volume 69, Issue 6.
- Aydeniz, B., Yılmaz, E. (2012). Enrichment of frying oils with plant phenolic extracts to extend the usage life. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114, 933-941.
- Baltacıoğlu, C. (2016). Farklı kızartma yöntemlerinin bitkisel yağların oksidatif stabilitesi üzerine etkisi. *Gıda Dergisi*, 41(6):387-393.
- Barbanti, D., Pizzirani, S., Dalla Rosa, M. (1994). The frying operation. II. Chemical and physico-chemical modifications in the oil. *Industrie Alimentarie*, 33, 318–324.

- Barutçu, I. (2009). Effects of different batter formulations on physical and chemical properties of microwave and conventionally fried chicken fingers. Ph.D. Thesis, Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.
- Barutcu, I., Sahin, S., Sumnu, G. (2009). Acrylamide formation in different batter formulations during microwave frying. *LWT-Food Science Technology*, 42, 17-22.
- Baumann, B., Escher, F. (1995). Mass and heat transfer during deep-fat frying of potato slices – I. Rate of drying and oil uptake. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 28 (4):395-403.
- Baydar, H. (2000). Bitkilerde yağ sentezi, kalitesi ve kaliteyi artırmada ıslahın önemi. *Ekin Dergisi*, 11: 50-57.
- Blumenthal, M. M. (1996). Frying technology, in edible oil and fat products: products and application technology. In: Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Hui Y.H.(5th Ed). John Wiley and Sons, New York, Vol 3, 429-481.
- Bozkurt, F., Baştürk A. (2018). Farklı depolama sıcaklıklarının kahvaltılık ve mutfak margarinlerinin oksidatif stabiliteleri üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(1): 103-111.
- Bulut, E., Yılmaz, E. (2010). Comparison of the frying stability of sunflower and refined olive pomace oils with/without adsorbent treatment. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 87, 1145– 1153.
- Carlson, B. L., Tabacch, M. H. (1986). Frying oil deterioration and vitamin loss during foodservice operation. *Journal of Food Science*, 51 (1) : 218-221.
- Cahill, L. E., Pan, A., Chiuve, S. E., Sun, Q., Willett, W. C., Hu, F. B. (2014). Fried-food consumption and risk of type 2 diabetes and coronary artery disease: a prospective study in 2 cohorts of US women and men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(2): 667-675.
- Chirinos, R., Huaman, M., Betalleluz-Pallardel, I., Pedreschi, R., Campos, D. (2011). Characterisation of phenolic compounds of Inca muna (*Clinopodium bolivianum*) leaves and the feasibility of their application to improve the oxidative stability of soybean oil during frying. *Food Chemistry*, 128, 711-716.
- Chuang, W. H., Chiu, C. P., Chen, B. H. (2006). Analysis and formation of acrylamide in french fries and chicken legs during frying. *Journal of Food Biochemistry*, 30, 497–507.
- Crosa, M. J., Skerl V., Cadenazzi, M., Olazabal, L., Silva, R., Suburu, G., Torres, M. (2014). Changes produced in oils during vacuum and traditional frying of potato chips. *Food Chemistry*, 146, 603- 607.
- Datta, A. K. (1990). Heat and mass transfer in the microwave processing of food. *Chemical Engineering Progress Journal*, 86, 47–53.

- De Fouw, C. L., Zabik, M. E., Gray, J. (1981). Fractionated edible beef tallow as a deep-fat frying medium for french fries. *Journal of Food Science*, 46 : 452-456.
- Demirezen, E., Coşansu, G. (2005). Adölesan çağı öğrencilerde beslenme alışkanlıklarının değerlendirilmesi. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, Cilt 14 Sayı 8 174.
- Devseren, E., Tomruk, D. (2016). Vakum altında kızartma işleminin gıda ve kızartma yağı kalitesi üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 14(1) (2016) 43-53.
- Diamante, L. M., Shi, S., Hellmann, A., Busch, J. (2015). Vacuum frying foods: products, process and optimization. *International Food Research Journal*, 22(1): 15-22.
- Dobarganes, M. C., Marquez-Ruiz, G., Velasco, J. (2000). Interactions between fat and food during deep frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102: 521–28.
- Dogan, S. F., Sahin, S., Sumnu, G. (2005). Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of Food Engineering*, 71(1): 127-132.
- Dueik, V., Robert, P., Bouchon, P. (2010). Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. *Food Chemistry*, 119: 1143–1149.
- Dutt, N. V. K., Prasad, D.H.L. (1989). Estimation of infinite dilution activity coefficients of hydrocarbons in water from molar refraction. *Fluid Phase Equilibria*, Vol 45, 1-5.
- Farhoush, R. Mousavi, S. M. R., Sharif, A. (2008). Investigation on frying oils quality in terms of color index, refractive index and viscosity values during frying process. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, Spring 2008 , Volume 5 , Number 1; Page(s) 13 To 19.
- Farhoosh, R., Tavassoli-Kaffani, M. H. (2010). Simultaneous monitoring of the conventional qualitative indicators during frying of sunflower oil. *Food Chemistry*, Volume 125, Issue 1, 1 March 2011, Pages 209-213.
- Farhoosh R., Moosavi S. (2010). Evaluating the performance of peroxide and conjugated diene values in monitoring the quality of used frying oils. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11, 173–179.
- Farkas, B. E., Singh, R. P., Rurnsey T. R. (1996). Modelling heat and mass transfer in immersion frying model development. *Journal of Food Engineering*, 29: 227-248.
- Feng, H., Tang, J. (1998). Microwave finish drying of diced apples in a spouted bed. *Journal of Food Science*, 63(4): 679-683.
- Firestone, D., Stier, R.F., Blumenthal, M.M. (1991). Regulation of frying fats and oils. *Food Technology*, (45):90-94.
- Fritsch, C. W. (1981) Measurements of Frying Fat Deterioration : A Brief Review, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 58 (3) : 272 - 274.



- Gamble, M. H., Rice, P. (1987). Effect of pre-fry drying of oil uptake and distribution in potato crisp manufacture. *International Journal of Food Science and Technology*, 22: 535–548.
- Gertz, C. (2000). Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fats. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 566–572
- Gharby, S., Harhar, H., Boulbaroud, S., Bouzoubaa, Z., El Madani, N., Chafchaoui, I., Charrouf, Z. (2014). The stability of vegetable oils (sunflower, rapeseed and palm) sold on the Moroccan market at high temperature. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 5, 47–54.
- Gharachorloo, M., Ghavami, M., Mahdiani, M., Azizinezhad, R. (2010). The effects of microwave frying on physicochemical properties of frying and sunflower oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 87, 355–360.
- Ghosh, J., Banerjee, A., Gupta, S. S., Sengupta, A., Ghosh, M. (2014). Comparative degradation effects of sesame and soybean oil during heating using microwave irradiation. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 73, 547-552.
- Gokalp, H. Y. (1984). N-nitroso bileşikleri, kanserojenik etkileri, çeşitli gıdaların n-nitrosamin içerikleri ve çeşitli kaynaklardan bünyeye alınan n-nitrosamin miktarları. *Gıda Dergisi*, Cilt 2, Sayı 6, 317 - 324.
- Gupta, M. K. (2011). Sunflower oil. In *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*, (F.D. Gunstone, ed.) pp. 128–155, Wiley-Blackwell, Oxford.
- Hassanein, M. M., El-Shami, S. M., El-Mallah, M. H. (2003). Changes occurring in vegetable oils composition due to microwave heating. *Grasas Aceites*, 54: 343–349.
- Hubbard, L. J., Farkas, B. E. (2000). Influence of oil temperature on convective heat transfer during immersion frying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 24(2): 143-162.
- Kayahan, M. (1981). Birden fazla kullanılan kızartma yağlarında meydana gelen oksiasit miktarı üzerinde çalışmalar, İzmir Gıda Kontroll Eğitim ve Araştırma Enstitüsü, Araştırma Projeleri Rapor ve Yeni Proje Teklifleri.
- Karaca, A. R., Güre, A., Gül, V. (1984) Yanık yağların farelerde ve sıçanlarda karsinojenik etkileri, *Doğa Bilim Dergisi*, 8 (1) : 44 – 53.
- Karakaya, S., Şimşek, S. (2011). Changes in total polar compounds, peroxide value, total phenols and antioxidant activity of various oils used in deep fat frying. *Journal American Oil Chemists Society*, 88, 1361–1366.
- Kassama, L.S., Ngadi, M.O. (2004). Pore development in chicken meat during deep-fat frying. *Lebensmittel - Wissenschaft und-Technologie; Food Science and Technology*, 37(8): 841-847.
- Kayahan, M. (2003). Yağ Kimyası. ODTÜ Yayıncılık.

- Kırbaşlar, F. G., Türker, G., Özsoy-Güneş, Z. (2012). Evaluation of fatty acid composition, antioxidant and antimicrobial activity, mineral composition and calorie values of some nuts and seeds from Turkey. *Record of Natural Products Volume*,6:4 339-349.
- Konak, Ü. İ., Certel, M., Helhel, S. (2009). Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt:4 No.3(20-31).
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B. (2000). Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering*, 44(1): 39-46.
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., Marinos-Kouris, D. (2001). Effect of osmotic dehydration pretreatment on quality of French fries. *Journal of Food Engineering*, 49: 339–345.
- Kubow S. (1992). Routes of formation and toxic consequences of lipid oxidation products in foods. *Free Radical Biology and Medicine*, 12(1), 63–81. 10.1016/0891-5849(92)90059.
- Laguette, M., Lecomte, J. and Villeneuve, P. (2007). Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. *Progress in Lipid Research*, 46, 244–282.
- Lalas, S. (2009). Quality of frying oil. In *Advances in Deep Fat Frying of Foods* (S. Sahin and S.G. Sumnu, eds.) pp. 57–80, CRC Press, New York.
- Lalasi S., Gortzi, O., Tsaknis, J. (2006). Frying stability of Moringa stenopetala seed oil. *Plant Foods for Human Nutrition*, 61: 99-108.
- Loewe, R. (1993). Role of ingredients in batter systems. *Cereal Foods World*, 38(9): 673-677.
- Lukesova, D., Dostalova, J., Mahmoud, E. E. M., Svarovska, M. (2009). Oxidation changes of vegetable oils during microwave heating. *Czech Journal of Food Sciences*, 27,S178–S181.
- Mariscal, M., Bouchon, P. (2008). Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. *Food Chemistry*, 107: 1561–1569.
- Marmesat, S., Morales, A., Velasco, J., Ruiz-Mendez, M. V., Dobarganes, C. (2009). Relationship between changes in peroxide value and conjugated dienes during oxidation of sunflower oils with different degree of unsaturation. *Grasas Aceites*, 60, 155–160.
- Marmesat, S., Rodrigues, E., Velasco, J., Dobarganes, C. (2007). Quality of used frying fats and oils: Comparison of rapid tests based on chemical and physical oil properties. *International Journal of Food Science Technology*, 42, 601–608.
- Marquez, G., Anon, M. C. (1986). Influence of reducing sugars and amino acid in the color development of fried potatoes. *Journal of Food Science*, 51: 157–160.
- Maskan, M. (2003). Change in color and rheological behavior of sunflower seed oil during frying and after adsorbent treatment of used oil. *European Food Research and Technology*, 218, 20–25.

- Matthäus, B. (2006). Utilization of high-oleic rapeseed oil for deepfat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108, 200-221.
- McGill, E. A. (1980). The chemistry of frying. *Bakers Dig*, 54, 38–42.
- Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science and Technology*, 14(9): 364-373.
- Miller, K. S., Singh, R. P., Farkas, B. E. (1994). Viscosity and heat transfer coefficients for canola, corn, palm, and soybean oil. *Journal Food Processing and Preservation*, (18):461-472.
- Mishra, S., Manchanda, S. C. (2012). Cooking oils for heart health. *Journal of Preventive Cardiology*, Vol 1, 123-131.
- Mishra, R., Sharma, H. K. (2014). Effect of frying conditions on the physico-chemical properties of rice bran oil and its blended oil. *Journal. Food Science Technology*, 51, 1076-1084.
- Moreira, R. G. (2014). Vacuum frying versus conventional frying – An overview. *European Journal of Lipid Science Technology*, 116: 723–734.
- Mudawi, H. A., Elhassan, M.S.M., Suleiman, A.M.E. (2014). Effect of frying process on physicochemical characteristics of corn and sunflower oils. *Food Public Health*, 4, 181–184.
- Nas, S., Gökalp, Y. H., Ünsal, M. (2001). Bitkisel Yağ Teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Matbaası, 322.
- Navab Daneshmand, F., Ghavami, M. (2012). The effect of temperature and time on the production and decomposition of hydroperoxides in canola and soybean Oils. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 9(1), 61–72.
- Navas, P. B., Carrasquero-Duran, A., Flores, I. (2006). Effect of black tea, garlic and onion on corn oil stability and fatty acid composition under accelerated oxidation. *International Journal of Food Science*, 41, 243–247.
- Nazarbakhsh V., Ezzatpanah H., Tarzi B.G., Givianrad M.H. (2014). Chemical changes of canola oil during frying under atmospheric condition and combination of nitrogen and carbon dioxide gases in the presence of air. *Journal American Oil Chemists. Society* 91, 1903-1909.
- Ngadi, M., Li, Y., Oluka, S., (2007). Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenation. *Lebensmittel-Wissenschaft un Technologie*, 40: 1784-91.
- Oztop, M. H. (2005). Optimization of microwave frying of potato slices. Thesis MSc diss., Middle East Technical University, Science Institute, Food Engineering, Ankara, Turkey.
- Oztop, M. H., Sahin, S., Sumnu, G. (2007). Optimization of microwave frying of potato slices by using Taguchi Technique. *Journal of Food Engineering*, 79, 83-91.
- Pandey, A., Moreira, R. G. (2012). Batch vacuum frying system analysis for potato chips. *Journal of Food Process Engineering*, 35: 863–873.

- Pantzaris, T. P. (1998). Comparison of monounsaturated and polyunsaturated oils in continuous frying. *Grasas Aceites*, 49, 319-325.
- Paul, S., Mittal, G. S. (1997). Regulating the use of degraded oil/ fat in deep-fat/ oil food frying. *Critical Review on Food Sciences and Nutrition*, 37: 635– 662.
- Perkins, E. G. (1967). Non-volatile decomposition products in heated fats and oils. *Food Technology*, 21, 611-16.
- Pokorny, J. (1989). Flavour chemistry of deep fat frying in oil. In *Flavor Chemistry of Lipid Food*, 1st Ed., (D.B. Min and T.H. Smouse, eds) pp. 113–115, The American Oil Chemists' Society, Champaign, IL.
- Pozo Díaz, R. M., Masoud Musa, T. A., Pérez-Camino, M. C., Dobarganes, M. C. (1995). Intercambio lipídico durante la fritura de patatas prefritas congeladas en aceite de girasol alto oleico. *Grasas y Aceites*, 46 85–91.
- Quiles, J. L., Ramirez-Tortosa, M. C., Gomez, Y. A., Huertas, J. R., Mataix, J. (2002). Role of vitamin E and phenolic compounds in the antioxidant capacity, measured by ESR of virgin olive, olive and sunflower oils after frying. *Food Chemistry*, 76, 461–468.
- Rehab, F. M. A., El Anany, A. M. (2012). Physicochemical studies on sunflower oil blended with cold pressed tiger nut oil during the deep frying process. *Grasas Aceites*, 63, 455-465.
- Romero, A., Cuesta, C. (1998). Effect of oil replenishment during deep-fat frying of frozen foods in sunflower oil and high-oleic acid sunflower oil. *Journal of American Oil Chemists' Society*, Volume 75, Issue 2.
- Rossell, J. B. (2001). *Frying: improving quality*. Woodhead Publishing Books, Cambridge.
- Saguay, I. S., Pinthus, E. J. (1995). Oil uptake during deep-fat frying-factors and mechanism. *Food Technology*, 49(4): 142-145.
- Sağlam, F. (1997). Kurum beslenme servisinde uygulanan değişik kızartma yöntemlerinin kızartılan yiyeceğin kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Programı, Ankara.
- Sahin, S., Sastry, S. K., Bayindirli, L. (2000). Combined effects of frying parameters on oil content on moisture levels in French Fries. *Journal of Food Science and Technology*, 37(5): 557-560.
- Sahin, S., Sumnu, G., Oztop, M. H. (2007). Effect of osmotic pretreatment and microwave frying on acrylamide formation in potato strips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2830-2836.
- Sahin, S., Sumnu, S. G. (2009). *Advances in deep fat frying of foods*. CRC Press, New York.
- Sébedio, J. L., Ratnayake, W. M. N., Ackman, R. G., Prévost, J. (1993). Stability of polyunsaturated n-3 fatty acids during deep fat frying of Atlantic mackerel. *Food Research International*, 26 163–172.

- Serjouie, A., Tan, C. P., Mirhosseini, H., Che Man, Y. B. (2010). Effect of vegetable-based oil blends on physicochemical properties of oils during deep-fat frying. *American Journal of Food Technology*, 5, 310-323.
- Severge, A. (1981) Kızartma Yağlarında Bozulma Aşamasını Saptamak Üzere Yeni Analiz Yöntemleri, *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 17: 121-130.
- Shyu, S., Hau, L., Hwang, L. S. (1998). Effect of vacuum frying on the oxidative stability of oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 75,(10): 1393-1398.
- Siddique, B. M., Ahmad, A., Ibrahim, M. H., Hena, S., Rafatullah, M., Omar, A. K. M. (2010). Physico-chemical properties of blends of palm olein with other vegetable oils. *Grasas Aceites*, 61, 423-429.
- Spinelli-Gugger, A. M., Lakritz, L., Wasserman, A. E. (1980). Effect of processing on the amino acid composition and nitrosamine formation in pork belly adipose tissue, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28 : 424 -427.
- Stevenson, S., Vaiser-Genser, M., Eskin, N. A. (1984) Quality control in the use of deep frying oils, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 61 (6) : 1102 - 1108.
- Stott-Miller, M., Neuhouser, M. L., Stanford, J. L. (2013). Consumption of deep-fried foods and risk of prostate cancer. *The Prostate*, 73(9): 960-969.
- Tekin, L., Aday, M. S. and Yılmaz, E. (2009). Physicochemical changes in hazelnut, olive pomace, grapeseed and sunflower oils heated at frying temperatures. *Food Science and Technology Research*, 15, 519–524.
- Thomson, L. U., Aust, R. (1983). Lipid changes in french fries and heated oils during commercial deep frying and their nutritional and toxicological implications. *Canadian Institute of Food Science Technology Journal*, 16 246–53.
- Tosun, M. (2003). Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Genel Araştırmalar Bitkisel Sıvı Yağlar Sektör Araştırması, GA/03-1-2 Araştırma Müdürlüğü, Ankara.
- Turan, T., Ceylan, S. S., Çetinkaya, B., Altundağ, S. (2009). Meslek lisesi öğrencilerinin obesite sıklığının ve beslenme alışkanlıklarının incelenmesi. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 8(1):5-12.
- Tuta, S., Palazoğlu, K. T. (2017). Effect of baking and frying methods on quality characteristics of potato chips. *Gıda Dergisi*, 42 (1): 43-49.
- Türk Gıda Kodeksi Bitki Adi ile Anılan Yağlar Tebliği, (Tebliğ NO: 2012/29).
- Velasco, J., Marmesat, S., Dobarganes, M. C. (2009). Chemistry of frying, in Sahin, S. and Sumnu, S. G. (Eds.) *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*, 1st ed. CRC Press, Boca Raton, pp. 33-51.
- Velez-Ruiz, J. F., Vergara-Balderas, F. T., Sosa-Morales, M. E., Xique-Hernández, J. (2002). Effect of temperature on the physical properties of chicken strips during deep-fat frying. *International Journal of Food Properties*, 5(1): 127-144.

- Yamsaengsung, R., Moreira, R. G. (2002). Modeling the transport phenomena and structural changes during deep fat frying: Part I: Model development. *Journal of Food Engineering*, 53: 1–10.
- Yılmaz, E. (2009). Bazı bitkisel yağların derin yağda kızartma performanslarının ve bunlara uygulanan adsorban tedavisinin etkinliğinin araştırılması, Tübitak Projesi, Proje No: 108O565.
- Zambiasi, R. C., Przybylski, R., Zambiasi, M. W., Mendonca, C. B. (2007). Fatty acid composition of vegetable oils and fats. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, Curitiba 25, 111–120.
- Zhang, Q., Saleh, A. S. M., Shen, Q. (2016). Monitoring of changes in composition of soybean oil during deep-fat frying with different food types. *Journal American Oil Chemists Society*, 93, 69-81.
- Ziaifar, A. M., Achir, N., Courtois, F., Trezzani, I., Trystram, G. (2008). Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process. *International Journal of Food Science and Technology*, 43:1410–142.



# **EKLER**

**EK A.1 :** Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin serbest yağ asitliği değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Metodu	3	0.0139	0.0046	12.38	0.000
Isıtma Süresi	5	0.0375	0.0075	19.97	0.000
Hata	15	0.0056	0.0004		
Toplam	23	0.0570			

**EK A.2 :** Fritözde ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	0.0045	0.0009	9.47	0.001
Hata	12	0.0011	0.0001		
Toplam	17	0.0056			

#### **Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	0.204 <sup>a</sup> ±0.019
4. Gün	3	0.199 <sup>ab</sup> ±0.008
3. Gün	3	0.182 <sup>abc</sup> ±0.010
2. Gün	3	0.181 <sup>abc</sup> ±0.003
1. Gün	3	0.175 <sup>bc</sup> ±0.001
0. Gün	3	0.157 <sup>c</sup> ±0.006



**EK A.3 :** Mikrodalgada (360W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	0.0496	0.0099	41.88	0.000
Hata	12	0.0028	0.0002		
Toplam	17	0.0525			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	0.309 <sup>a</sup> ±0.026
4. Gün	3	0.294 <sup>a</sup> ±0.012
3. Gün	3	0.272 <sup>ab</sup> ±0.007
2. Gün	3	0.294 <sup>bc</sup> ±0.005
1. Gün	3	0.206 <sup>c</sup> ±0.022
0. Gün	3	0.157 <sup>d</sup> ±0.006

**EK A.4 :** Mikrodalgada (600W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	0.033856	0.006771	87.34	0.000
Hata	12	0.000930	0.000078		
Toplam	17	0.034786			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	0.278 <sup>a</sup> ±0.011
4. Gün	3	0.275 <sup>a</sup> ±0.012
3. Gün	3	0.265 <sup>a</sup> ±0.006
2. Gün	3	0.220 <sup>b</sup> ±0.004
1. Gün	3	0.211 <sup>b</sup> ±0.011
0. Gün	3	0.157 <sup>c</sup> ±0.006

**EK A.5 :** Mikrodalgada (900W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	0.0405	0.00811	22.36	0.000
Hata	12	0.0044	0.00036		
Toplam	17	0.0449			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	0.2987 <sup>a</sup> ±0.0113
4. Gün	3	0.2759 <sup>ab</sup> ±0.0116
3. Gün	3	0.2391 <sup>bc</sup> ±0.0055
2. Gün	3	0.2284 <sup>bc</sup> ±0.0043
1. Gün	3	0.1947 <sup>cd</sup> ±0.0110
0. Gün	3	0.1567 <sup>d</sup> ±0.0058

**EK A.6 :** Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin peroksit değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Metodu	5	192.199	38.440	8.12	0.001
Isıtma Süresi	3	118.671	39.557	8.36	0.002
Hata	15	71.009	4.734		
Toplam	23	381.879			

**EK A.7 :** Fritözde ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	16.8210	3.3652	65.39	0.000
Hata	12	0.6174	0.0515		
Toplam	17	17.4384			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	8.7077 <sup>a</sup> ±0.1050
4. Gün	3	8.3860 <sup>a</sup> ±0.2870
3. Gün	3	7.6980 <sup>b</sup> ±0.1870
2. Gün	3	7.0892 <sup>bc</sup> ±0.1328
1. Gün	3	6.9310 <sup>c</sup> ±0.3780
0. Gün	3	5.8100 <sup>d</sup> ±0.1389

**EK A.8 :** Mikrodalgada (360W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	305.530	61.106	95.57	0.000
Hata	12	7.673	0.639		
Toplam	17	303.203			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	10.350 <sup>d</sup> ±0.425
4. Gün	3	13.072 <sup>c</sup> ±1.638
3. Gün	3	14.182 <sup>bc</sup> ±0.602
2. Gün	3	15.524 <sup>b</sup> ±0.515
1. Gün	3	18.946 <sup>a</sup> ±0.572
0. Gün	3	5.810 <sup>e</sup> ±0.1389

**EK A.9 :** Mikrodalgada (600W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	229.592	45.918	489.87	0.000
Hata	11	1.031	0.094		
Toplam	16	230.623			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	11.091 <sup>d</sup> ±0.275
4. Gün	3	14.002 <sup>c</sup> ±0.545
3. Gün	3	11.311 <sup>d</sup> ±0.314
2. Gün	3	16.901 <sup>a</sup> ±0.062
1. Gün	3	15.743 <sup>b</sup> ±0.207
0. Gün	3	5.810 <sup>e</sup> ±0.139

**EK A.10 :** Mikrodalgada (900W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	226.377	45.275	226.96	0.000
Hata	12	2.394	0.199		
Toplam	17	228.771			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	10.926 <sup>d</sup> ±0.621
4. Gün	3	11.782 <sup>cd</sup> ±0.459
3. Gün	3	12.628 <sup>bc</sup> ±0.295
2. Gün	3	13.836 <sup>b</sup> ±0.573
1. Gün	3	17.679 <sup>a</sup> ±0.408
0. Gün	3	5.810 <sup>e</sup> ±0.139

**EK A.11** : Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Metodu	3	1410.08	470.03	15.61	0.000
Isıtma Süresi	5	2816.59	563.32	18.71	0.000
Hata	15	451.68	30.11		
Toplam	23	4678.35			

**EK A.12** : Fritözde ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	304.714	60.943	89.78	0.000
Hata	11	7.467	0.679		
Toplam	16	312.181			

#### **Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	14.703 <sup>a</sup> ±0.276
4. Gün	3	12.854 <sup>ab</sup> ±1.300
3. Gün	3	10.923 <sup>bc</sup> ±0.409
2. Gün	3	8.475 <sup>cd</sup> ±0.714
1. Gün	3	6.830 <sup>d</sup> ±1.162
0. Gün	3	2.187 <sup>e</sup> ±0.441

**EK A.13 :** Mikrodalgada (360W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	3778.08	755.62	138.12	0.000
Hata	11	60.18	5.47		
Toplam	16	3838.25			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	40.28 <sup>a</sup> ±0.58
4. Gün	3	43.11 <sup>a</sup> ±3.53
3. Gün	3	41.77 <sup>a</sup> ±1.96
2. Gün	3	33.12 <sup>b</sup> ±3.77
1. Gün	3	19.86 <sup>c</sup> ±0.97
0. Gün	3	2.19 <sup>d</sup> ±0.44

**EK A.14 :** Mikrodalgada (600W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	3040.41	608.082	186.39	0.000
Hata	12	40.01	3.334		
Toplam	17	3080.42			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	37.57 <sup>a</sup> ±0.25
4. Gün	3	37.56 <sup>a</sup> ±2.99
3. Gün	3	34.57 <sup>a</sup> ±3.16
2. Gün	3	21.42 <sup>b</sup> ±0.28
1. Gün	3	16.46 <sup>b</sup> ±0.87
0. Gün	3	2.19 <sup>c</sup> ±0.44

**EK A.15 :** Mikrodalgada (900W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	2514.28	502.56	157.41	0.000
Hata	12	38.33	3.20		
Toplam	17	2552.61			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	37.11 <sup>a</sup> ±3.19
4. Gün	3	31.89 <sup>b</sup> ±1.86
3. Gün	3	31.19 <sup>b</sup> ±2.04
2. Gün	3	22.99 <sup>c</sup> ±1.06
1. Gün	3	15.20 <sup>d</sup> ±0.27
0. Gün	3	2.19 <sup>e</sup> ±0.44

**EK A.16 :** Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin konjuge trien( $K_{270}$ ) değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Metodu	3	9.8815	3.2938	19.05	0.000
Isıtma Süresi	5	32.6273	6.5255	37.74	0.000
Hata	15	2.5937	0.1729		
Toplam	23	45.1024			

**EK A.17 :** Fritözde ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	10.73	2.15	226.65	0.000
Hata	12	0.11	0.009		
Toplam	17	10.84			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	3.54 <sup>a</sup> ±0.05
4. Gün	3	2.99 <sup>b</sup> ±1.86
3. Gün	3	2.94 <sup>b</sup> ±2.04
2. Gün	3	2.46 <sup>c</sup> ±1.06
1. Gün	3	2.04 <sup>d</sup> ±0.27
0. Gün	3	1.14 <sup>e</sup> ±0.03

**EK A.18 :** Mikrodalgada (360W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	33.40	6.68	142.49	0.000
Hata	12	0.56	0.05		
Toplam	17	33.96			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	4.97 <sup>a</sup> ±0.23
4. Gün	3	5.01 <sup>a</sup> ±0.32
3. Gün	3	4.88 <sup>ab</sup> ±0.31
2. Gün	3	4.48 <sup>ab</sup> ±0.04
1. Gün	3	4.32 <sup>b</sup> ±0.17
0. Gün	3	1.14 <sup>c</sup> ±0.03



**EK A.19 :** Mikrodalgada (600W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	32.41	6.48	245.66	0.000
Hata	12	0.32	0.03		
Toplam	17	32.73			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	5.13 <sup>a</sup> ±0.23
4. Gün	3	4.92 <sup>ab</sup> ±0.04
3. Gün	3	4.56 <sup>bc</sup> ±0.25
2. Gün	3	4.36 <sup>c</sup> ±0.03
1. Gün	3	3.76 <sup>d</sup> ±0.03
0. Gün	3	1.14 <sup>e</sup> ±0.03

**EK A.20 :** Mikrodalgada (900W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	29.01	5.80	220.95	0.000
Hata	12	0.32	0.03		
Toplam	17	29.33			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	4.54 <sup>a</sup> ±0.03
4. Gün	3	4.55 <sup>a</sup> ±0.31
3. Gün	3	4.68 <sup>a</sup> ±0.15
2. Gün	3	4.61 <sup>a</sup> ±0.13
1. Gün	3	3.55 <sup>b</sup> ±0.13
0. Gün	3	1.14 <sup>c</sup> ±0.03

**EK A.21 :** Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin toplam polar madde değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Metodu	3	2007.86	669.29	11.56	0.000
Isıtma Süresi	5	3543.34	708.67	12.24	0.000
Hata	15	868.45	57.90		
Toplam	23	6419.66			

**EK A.22 :** Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin kırılma indisi değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Metodu	3	0.000011	0.000004	13.22	0.000
Isıtma Süresi	5	0.000024	0.000005	17.17	0.000
Hata	15	0.000004	0.000000		
Toplam	23	0.000039			

**EK A.23 :** Fritözde ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	0.000001	0.000000	21.25	0.000
Hata	6	0.000000	0.000000		
Toplam	11	0.000001			

#### **Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	2	1.474 <sup>a</sup> ±0.000
4. Gün	2	1.47395 <sup>a</sup> ±0.00007
3. Gün	2	1.47360 <sup>ab</sup> ±0.00014
2. Gün	2	1.47365 <sup>ab</sup> ±0.00007
1. Gün	2	1.47325 <sup>bc</sup> ±0.00021
0. Gün	2	1.47305 <sup>c</sup> ±0.00007

**EK A.24 :** Mikrodalgada (360W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	0.000026	0.000005	900.60	0.000
Hata	6	0.000000	0.000000		
Toplam	11	0.000026			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	2	1.47740 <sup>a</sup> ±0.00014
4. Gün	2	1.47700 <sup>b</sup> ±0.00000
3. Gün	2	1.47600 <sup>c</sup> ±0.00000
2. Gün	2	1.47535 <sup>d</sup> ±0.00007
1. Gün	2	1.47425 <sup>e</sup> ±0.00007
0. Gün	2	1.47305 <sup>f</sup> ±0.00007

**EK A.25 :** Mikrodalgada (600W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	0.000015	0.000003	3658.60	0.000
Hata	6	0.000000	0.000000		
Toplam	11	0.000015			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	2	1.476 <sup>f</sup> ±0.000
4. Gün	2	1.476 <sup>e</sup> ±0.000
3. Gün	2	1.475 <sup>d</sup> ±0.000
2. Gün	2	1.475 <sup>c</sup> ±0.000
1. Gün	2	1.474 <sup>b</sup> ±0.000
0. Gün	2	1.143 <sup>a</sup> ±0.007

**EK A.26 :** Mikrodalgada (900W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	0.000014	0.000003	295.29	0.000
Hata	6	0.000000	0.000000		
Toplam	11	0.000014			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	2	1.47615 <sup>a</sup> ±0.00007
4. Gün	2	1.47575 <sup>b</sup> ±0.00007
3. Gün	2	1.47520 <sup>c</sup> ±0.00014
2. Gün	2	1.47470 <sup>d</sup> ±0.00014
1. Gün	2	1.47400 <sup>e</sup> ±0.000
0. Gün	2	1.47305 <sup>f</sup> ±0.00007

**EK A.27 :** Ayçiçek yağının ısıtılması işlemi sırasında, ısıtma yöntemi ve ısıtma süresinin viskozite değerlerine etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Metodu	3	664.28	221.43	9.51	0.001
Isıtma Süresi	5	2303.83	460.77	19.78	0.000
Hata	15	349.40	23.29		
Toplam	23	3317.51			

**EK A.28 :** Fritözde ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının viskozite değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	549.981	109.996	49872.35	0.000
Hata	6	0.026	0.002		
Toplam	11	550.008			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	54.2700 <sup>f</sup> ±0.0557
4. Gün	3	50.9667 <sup>e</sup> ±0.0404
3. Gün	3	48.1033 <sup>d</sup> ±0.0451
2. Gün	3	45.1333 <sup>c</sup> ±0.0551
1. Gün	3	41.9400 <sup>b</sup> ±0.0500
0. Gün	3	37.6733 <sup>a</sup> ±0.0306

**EK A.29 :** Mikrodalgada (360W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının viskozite değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	2 9027.1	5805.41	23 9782.92	0.000
Hata	6	0.3	0.02		
Toplam	11	2 9027.3			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	151.557 <sup>a</sup> ±0.231
4. Gün	3	119.363 <sup>b</sup> ±0.160
3. Gün	3	91.083 <sup>c</sup> ±0.225
2. Gün	3	65.0333 <sup>d</sup> ±0.1102
1. Gün	3	47.7100 <sup>e</sup> ±0.0500
0. Gün	3	37.6733 <sup>f</sup> ±0.0306

**EK A.30 :** Mikrodalgada (600W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının viskozite değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	12660.6	2532.19	278255.19	0.000
Hata	12	0.1	0.01		
Toplam	17	12660.7			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	117.583 <sup>a</sup> ±0.100
4. Gün	3	97.533 <sup>b</sup> ±0.1518
3. Gün	3	80.1667 <sup>c</sup> ±0.1060
2. Gün	3	65.7233 <sup>d</sup> ±0.0751
1. Gün	3	55.1133 <sup>e</sup> ±0.0611
0. Gün	3	37.6733 <sup>f</sup> ±0.0306

**EK A.31 :** Mikrodalgada (900W) ısıtma işlemi sırasında, ayçiçek yağının viskozite değerlerine ısıtma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Isıtma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Isıtma Süresi	5	7723.26	1544.65	276654.10	0.000
Hata	12	0.07	0.01		
Toplam	17	7723.33			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

<b>Isıtma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	98.6800 <sup>a</sup> ±0.1453
4. Gün	3	80.1033 <sup>b</sup> ±0.0777
3. Gün	3	66.6000 <sup>c</sup> ±0.0458
2. Gün	3	55.1600 <sup>d</sup> ±0.0458
1. Gün	3	45.7133 <sup>e</sup> ±0.0351
0. Gün	3	37.6733 <sup>f</sup> ±0.0306

**EK B.1:** Kızartma işlemi sırasında ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine, kızartma yöntemi ve kızartma süresinin etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Metodu	3	0.007581	0.002527	8.77	0.001
Kızartma Süresi	5	0.089245	0.017849	61.96	0.000
Hata	15	0.004321	0.000288		
Toplam	23	0.101147			

**EK B.2 :** Fritözde kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	0.037004	0.007401	21.14	0.000
Hata	12	0.004202	0.000350		
Toplam	17	0.041206			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	0.2797 <sup>a</sup> ±0.0221
4. Gün	3	0.2610 <sup>a</sup> ±0.0265
3. Gün	3	0.2610 <sup>a</sup> ±0.0265
2. Gün	3	0.2071 <sup>b</sup> ±0.0089
1. Gün	3	0.1830 <sup>b</sup> ±0.0094
0. Gün	3	0.1567 <sup>b</sup> ±0.0058

**EK B.3 :** Mikrodalgada (360W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	0.104293	0.020859	32.39	0.000
Hata	12	0.007728	0.000644		
Toplam	17	0.112021			

#### **Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	0.3793 <sup>a</sup> ±0.0195
4. Gün	3	0.3450 <sup>ab</sup> ±0.0154
3. Gün	3	0.2863 <sup>bc</sup> ±0.0361
2. Gün	3	0.2620 <sup>cd</sup> ±0.0340
1. Gün	3	0.2062 <sup>de</sup> ±0.0274
0. Gün	3	0.1567 <sup>e</sup> ±0.0058

**EK B.4 :** Mikrodalgada (600W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	0.061930	0.012386	114.10	0.000
Hata	12	0.001303	0.000109		
Toplam	17	0.063233			

#### **Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	0.3204 <sup>a</sup> ±0.0098
4. Gün	3	0.2896 <sup>b</sup> ±0.0141
3. Gün	3	0.2693 <sup>b</sup> ±0.0125
2. Gün	3	0.2143 <sup>c</sup> ±0.0041
1. Gün	3	0.1829 <sup>d</sup> ±0.0122
0. Gün	3	0.1567 <sup>d</sup> ±0.0058



**EK B.5 :** Mikrodalgada (900W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	0.077471	0.015494	58.61	0.000
Hata	12	0.003172	0.000264		
Toplam	17	0.080644			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	0.3496 <sup>a</sup> ±0.0072
4. Gün	3	0.3018 <sup>b</sup> ±0.0156
3. Gün	3	0.2786 <sup>bc</sup> ±0.0144
2. Gün	3	0.2484 <sup>c</sup> ±0.0317
1. Gün	3	0.1885 <sup>d</sup> ±0.0068
0. Gün	3	0.1567 <sup>d</sup> ±0.0058

**EK B.6 :** Kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine kızartma yöntemi ve kızartma süresinin etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Metodu	3	194.016	64.672	6.78	0.004
Kızartma Süresi	5	216.366	43.273	4.54	0.010
Hata	15	142.976	9.532		
Toplam	23	553.359			

**EK B.7 :** Fritözde kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	80.643	16.1286	66.40	0.000
Hata	11	2.672	0.2429		
Toplam	16	83.314			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	6.907 <sup>c</sup> ±0.960
4. Gün	3	6.865 <sup>c</sup> ±0.478
3. Gün	3	12.213 <sup>a</sup> ±0.113
2. Gün	3	10.372 <sup>b</sup> ±0.290
1. Gün	3	9.822 <sup>b</sup> ±0.277
0. Gün	3	5.810 <sup>c</sup> ±0.139

**EK B.8 :** Mikrodalgada (360W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	112.987	22.5974	105.03	0.000
Hata	9	1.936	0.2152		
Toplam	14	114.924			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	12.873 <sup>a</sup> ±0.780
4. Gün	3	10.073 <sup>b</sup> ±0.509
3. Gün	3	9.626 <sup>b</sup> ±0.384
2. Gün	3	10.478 <sup>b</sup> ±0.214
1. Gün	3	13.870 <sup>a</sup> ±0.629
0. Gün	3	5.810 <sup>c</sup> ±0.139

**EK B.9 :** Mikrodalgada (600W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	481.998	96.3397	423.24	0.000
Hata	11	2.505	0.2278		
Toplam	16	484.504			

#### **Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	11.273 <sup>c</sup> ±0.018
4. Gün	3	21.908 <sup>a</sup> ±0.719
3. Gün	3	18.687 <sup>b</sup> ±0.817
2. Gün	3	17.138 <sup>c</sup> ±0.146
1. Gün	3	13.968 <sup>d</sup> ±0.165
0. Gün	3	5.810 <sup>f</sup> ±0.139

**EK B.10 :** Mikrodalgada (900W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının peroksit değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	355.614	71.1228	256.14	0.000
Hata	10	2.777	0.2777		
Toplam	15	358.391			

#### **Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	18.359 <sup>a</sup> ±0.695
4. Gün	3	18.121 <sup>a</sup> ±0.699
3. Gün	3	17.175 <sup>a</sup> ±0.466
2. Gün	3	14.200 <sup>b</sup> ±0.529
1. Gün	3	18.614 <sup>a</sup> ±0.500
0. Gün	3	5.810 <sup>c</sup> ±0.139

**EK B.11** : Kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine kızartma yöntemi ve kızartma süresinin etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Metodu	3	236.69	78.90	10.17	0.001
Kızartma Süresi	5	1189.04	237.81	30.66	0.000
Hata	15	116.33	7.76		
Toplam	23	1542.06			

**EK B.12** : Fritözde kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	388.432	77.6864	140.23	0.000
Hata	10	5.540	0.5540		
Toplam	15	393.972			

#### **Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	16.676 <sup>a</sup> ±0.649
4. Gün	3	12.742 <sup>b</sup> ±0.397
3. Gün	2	12.748 <sup>b</sup> ±0.476
2. Gün	2	10.954 <sup>b</sup> ±1.091
1. Gün	3	6.711 <sup>c</sup> ±1.135
0. Gün	3	2.187 <sup>d</sup> ±0.441

**EK B.13 :** Mikrodalgada (360W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kızartma Süresi	5	938.21	187.641	150.31	0.000
Hata	10	12.48	1.248		
Toplam	15	950.69			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Kızartma Süresi	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
5. Gün	3	18.962 <sup>b</sup> ±1.566
4. Gün	2	20.586 <sup>b</sup> ±0.651
3. Gün	3	24.320 <sup>a</sup> ±1.790
2. Gün	3	21.653 <sup>ab</sup> ±0.413
1. Gün	2	14.089 <sup>c</sup> ±0.032
0. Gün	3	2.187 <sup>d</sup> ±0.441

**EK B.14 :** Mikrodalgada (600W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kızartma Süresi	5	1280.57	256.115	230.96	0.000
Hata	12	13.31	1.109		
Toplam	17	1293.88			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Kızartma Süresi	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
5. Gün	3	26.637 <sup>c</sup> ±1.125
4. Gün	3	24.462 <sup>ab</sup> ±1.417
3. Gün	3	22.159 <sup>b</sup> ±0.466
2. Gün	3	18.238 <sup>c</sup> ±1.126
1. Gün	3	11.323 <sup>d</sup> ±1.304
0. Gün	3	2.187 <sup>e</sup> ±0.441

**EK B.15 :** Mikrodalgada (900W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge dien ( $K_{232}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	1227.29	245.459	263.80	0.000
Hata	10	9.30	0.930		
Toplam	15	1236.60			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	27.026 <sup>a</sup> ±0.359
4. Gün	3	24.032 <sup>b</sup> ±0.893
3. Gün	2	22.627 <sup>bc</sup> ±0.534
2. Gün	3	20.450 <sup>c</sup> ±1.730
1. Gün	2	12.374 <sup>d</sup> ±0.880
0. Gün	3	2.187 <sup>e</sup> ±0.441

**EK B.16 :** Kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine kızartma yöntemi ve kızartma süresinin etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Metodu	3	3.4494	1.1498	11.78	0.000
Kızartma Süresi	5	27.3951	5.4790	56.11	0.000
Hata	15	1.4646	0.0976		
Toplam	23	32.3091			

**EK B.17 :** Fritözde kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	15.8577	3.17155	158.08	0.000
Hata	12	0.2408	0.02006		
Toplam	17	16.0985			

#### **Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	3.8670 <sup>a</sup> ±0.262
4. Gün	3	3.2545 <sup>b</sup> ±0.004
3. Gün	3	3.4510 <sup>b</sup> ±0.212
2. Gün	3	2.5701 <sup>c</sup> ±0.042
1. Gün	3	1.9235 <sup>d</sup> ±0.063
0. Gün	3	1.1400 <sup>e</sup> ±0.030

**EK B.18 :** Mikrodalgada (360W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	24.3628	4.87256	59.96	0.000
Hata	12	0.9752	0.08127		
Toplam	17	25.3380			

#### **Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	3	4.5360 <sup>a</sup> ±0.354
4. Gün	3	4.5090 <sup>a</sup> ±0.500
3. Gün	3	4.0549 <sup>ab</sup> ±0.127
2. Gün	3	3.9898 <sup>ab</sup> ±0.147
1. Gün	3	3.4960 <sup>b</sup> ±0.272
0. Gün	3	1.1400 <sup>c</sup> ±0.030

**EK B.19 :** Mikrodalgada (600W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kızartma Süresi	5	22.4634	4.49268	188.62	0.000
Hata	12	0.2858	0.02382		
Toplam	17	22.7493			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Kızartma Süresi	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
5. Gün	3	4.1640 <sup>a</sup> ±0.212
4. Gün	3	4.3600 <sup>ab</sup> ±0.246
3. Gün	3	4.1053 <sup>ab</sup> ±0.153
2. Gün	3	3.7917 <sup>b</sup> ±0.075
1. Gün	3	2.9262 <sup>c</sup> ±0.087
0. Gün	3	1.1400 <sup>d</sup> ±0.030

**EK B.20 :** Mikrodalgada (900W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının konjuge trien ( $K_{270}$ ) değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kızartma Süresi	5	23.8953	4.77906	160.35	0.000
Hata	12	0.3577	0.02980		
Toplam	17	24.2529			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Kızartma Süresi	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
5. Gün	3	4.3209 <sup>a</sup> ±0.098
4. Gün	3	4.3700 <sup>a</sup> ±0.267
3. Gün	3	4.1780 <sup>a</sup> ±0.227
2. Gün	3	4.2750 <sup>a</sup> ±0.206
1. Gün	3	3.4748 <sup>b</sup> ±0.058
0. Gün	3	1.1400 <sup>c</sup> ±0.030



**EK B.21** : Kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının toplam polar madde değerlerine kızartma yöntemi ve kızartma süresinin etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

Faktör	Levels	Değerler			
Kızartma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kızartma Metodu	3	582.3	194.09	13.41	0.000
Kızartma Süresi	5	1902.9	380.59	26.30	0.000
Hata	15	217.0	14.47		
Toplam	23	2702.2			

**EK B.22** : Kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının toplam kırılma indisi değerlerine kızartma yöntemi ve kızartma süresinin etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

Faktör	Levels	Değerler			
Kızartma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kızartma Metodu	3	0.000010	0.000002	3.96	0.017
Kızartma Süresi	5	0.000006	0.000002	4.12	0.026
Hata	15	0.000008	0.000001		
Toplam	23	0.000024			

**EK B.23** : Fritözde kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kızartma Süresi	5	0.000015	0.000003	335.36	0.000
Hata	6	0.000000	0.000000		
Toplam	11	0.000015			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Kızartma Süresi	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
5. Gün	2	1.47200 <sup>b</sup> ±0.000
4. Gün	2	1.47075 <sup>c</sup> ±0.00007
3. Gün	2	1.47100 <sup>c</sup> ±0.000
2. Gün	2	1.47300 <sup>a</sup> ±0.000
1. Gün	2	1.47300 <sup>a</sup> ±0.000
0. Gün	2	1.14095 <sup>c</sup> ±0.00021

**EK B.24 :** Mikrodalgada (360W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	0.000002	0.000000	60.91	0.000
Hata	6	0.000000	0.000000		
Toplam	11	0.000002			

#### **Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	2	1.472 <sup>a</sup> ±0.000
4. Gün	2	1.472 <sup>a</sup> ±0.000
3. Gün	2	1.472 <sup>a</sup> ±0.000
2. Gün	2	1.472 <sup>a</sup> ±0.000
1. Gün	2	1.472 <sup>a</sup> ±0.000
0. Gün	2	1.47095 <sup>b</sup> ±0.00021

**EK B.25 :** Mikrodalgada (600W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Kızartma Süresi	5	0.000007	0.000001	156.40	0.000
Hata	6	0.000000	0.000000		
Toplam	11	0.000007			

#### **Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Kızartma Süresi</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
5. Gün	2	1.47305 <sup>a</sup> ±0.00007
4. Gün	2	1.473 <sup>a</sup> ±0.000
3. Gün	2	1.473 <sup>a</sup> ±0.000
2. Gün	2	1.472 <sup>b</sup> ±0.000
1. Gün	2	1.472 <sup>b</sup> ±0.000
0. Gün	2	1.47095 <sup>c</sup> ±0.00021

**EK B.26 :** Mikrodalgada (900W) kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının kırılma indisi değerlerine kızartma süresinin etkisini gösteren Tek Yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.G 5.Gün			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kızartma Süresi	5	0.000012	0.000002	297.12	0.000
Hata	6	0.000000	0.000000		
Toplam	11	0.000012			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Kızartma Süresi	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
5. Gün	2	1.474 <sup>a</sup> ±0.000
4. Gün	2	1.474 <sup>a</sup> ±0.000
3. Gün	2	1.474 <sup>a</sup> ±0.000
2. Gün	2	1.47355 <sup>a</sup> ±0.00007
1. Gün	2	1.473 <sup>b</sup> ±0.0000
0. Gün	2	1.47095 <sup>c</sup> ±0.00021

**EK B.27 :** Kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının viskozite değerlerine kızartma yöntemi ve kızartma süresinin etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

Faktör	Levels	Değerler			
Kızartma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kızartma Metodu	3	664.28	221.43	9.51	0.001
Kızartma Süresi	5	2 303.83	460.77	19.78	0.000
Hata	15	349.40	23.29		
Toplam	23	3 317.51			

**EK B.28 :** Kızartma işlemi sırasında, ayçiçek yağının renk değerlerine kızartma yöntemi ve kızartma süresinin etkisini gösteren İki Yönlü ANOVA Test Tablosu

Faktör	Levels	Değerler			
Kızartma Metodu	4	Fritöz; M 360W; M 600W; M 900W			
Kızartma Süresi	6	0.Gün; 1.Gün; 2.Gün; 3.Gün; 4.Gün; 5.Gün			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kızartma Metodu	3	1.2829	0.4276	2.40	0.108
Kızartma Süresi	5	36.0546	7.2109	40.50	0.000
Hata	15	2.6709	0.1781		
Toplam	23	40.0084			

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Ezgi AYDINKAPTAN MADEN
Doğum Yeri	ORDU
Doğum Tarihi	25.04.1987
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	5467821070
E-Posta Adresi	<a href="mailto:ezgiaydinkaptan@gmail.com">ezgiaydinkaptan@gmail.com</a>
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Mersin Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Gıda Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	10.09.2012
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	21.11.2019
Yayınlar	
<p>AYDINKAPTAN E., BARUTÇU MAZI I. (2017). Monitoring the physicochemical features of sunflower oil and French fries during repeated microwave frying and deep-fat frying. <i>Grasas y Aceites</i>, 68(3), 202, doi: 10.3989/gya.1162162 (Yayın No: 4041864)</p> <p>AYDINKAPTAN E., MAZI B. G., BARUTÇU MAZI I. (2016). Microwave heating of sunflower oil at frying temperatures: Effect of power levels on physicochemical properties. <i>Journal of Food Process Engineering</i>, doi: 10.1111/jfpe.12402 (Yayın No: 3178896)</p> <p>BARUTÇU MAZI I., AYDINKAPTAN E. (2017). Changes in levels of some physicochemical properties of sunflower oil during microwave frying of French fries. 15th Euro Fed Lipid Congress (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:4042371)</p> <p>AYDINKAPTAN E., KANAR Y. ,MAZI B. G.,BARUTÇU MAZI I. (2016). The effect of repetitive microwave frying and power levels on the oil moisture contents and total color change of French fries. I. Uluslararası Turizm ve Mikrobiyal Gıda Güvenliği Kongresi (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:3181083)</p> <p>DEMİRKIRAN H., AR Z.,AYDINKAPTAN E., MAZI B. G., BARUTÇU MAZI I. (2015). Effect of the addition of phenolic extracts from Gilaburu (<i>Viburnum opulus L.</i>) seed on the degradation of sunflower oil during. 13th Euro Fed Lipid Congress, Firenze, Italy, 2015 (Özet Bildiri/)(Yayın No:1858151)</p> <p>AYDINKAPTAN E., MAZI B. G., BARUTÇU MAZI I. (2015). Effect of microwave frying on the thermal stability of sunflower oil. 13th Euro Fed Lipid Congress, Firenze, Italy, 2015 (Özet Bildiri/)(Yayın No:1858031)</p>	

