



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



AIRFRYER PIŞIRME TEKNİĞİNİN
BİTKİSEL YAĞLAR ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİN İNCELENMESİ

SEVDENUR YILDIRIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak - 2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Sevdenur YILDIRIM. tarafından hazırlanan “Airfryer pişirme tekniğinin bitkisel yağlar üzerindeki etkilerin incelenmesi” adlı tez çalışması 17/01/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. Fatih DURMAZ

Danışman

Prof. Dr. Mustafa TOPKAFA

Üye

Dr. Öğr. Üyesi İlyas DEVECİ

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından 231022015 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Sevdenur YILDIRIM

17.01.2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

AİRFRYER PİŞİRME TEKNİĞİNİN BİTKİSEL YAĞLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİN İNCELENMESİ

SEVDENUR YILDIRIM

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa TOPKAFA

2024, 100 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Mustafa TOPKAFA

Doç. Dr. Fatih DURMAZ

Dr. Öğr. Üyesi İlyas DEVECİ

Bu tez çalışmasında; son yıllarda kullanımı gittikçe artan airfryer pişirme işleminde kullanılan ayçiçek ve mısır yağlarının, pişirme türü, süresi ve sıcaklığına bağlı olarak fiziko-kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin tespiti amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ayçiçek ve mısır yağları kullanılarak gıda maddesi içermeyen ve dondurulmuş parmak patatesler hem airfryer ile hem de derin kızartma işlemelerine tabi tutulmuş ve kızartma sonunda yağlarda meydana gelen değişimlerin incelenmiştir.

Kızartma işlemlerinde uygulanacak sıcaklık, kızartma süresi ve tuzluluk oranları için 5 seviyeli merkezi kompozit tasarım yapılmış ve kızartma işlemlerinde uygulanmıştır. Kızartma işlemleri sonunda elde edilen ayçiçek ve mısır yağları üzerinde serbest yağ asidi (FFA), peroksit sayısı (PV), özgül absorbans, tokoferol, yağ asit kompozisyonu analizleri gerçekleştirilmiştir.

Ayçiçek yağı kullanılarak herhangi bir gıda maddesi içermeyen kızartma işlemleri sonunda airfryer tekniğinin PV (7,8-37,26 meq), özgül absorbans ve toplam trans izomer (%0,1-0,98) miktarlarını artırırken toplam tokoferol miktarını sıcaklık ve süreye bağlı olarak azalttığı (20-269,73mg/kg) gözlenmiştir. Derin kızartma işleminde PV (3,42-6,9 meq) ve toplam trans izomer (%0,01-0,75) miktarlarının fazla artmadığı ve toplam tokoferol miktarının (228-280 mg/kg) çok fazla azalmadığı tespit edilmiştir.

Ayçiçek yağı kullanılarak dondurulmuş parmak patates kızartma işlemleri sonunda airfryer tekniğinin %FFA (%0,3-0,6) ve toplam trans izomer (%0,03-0,66) oluşumu üzerine etkisinin olmadığı PV (6-20 meq) ve özgül absorbans ürünlerini arttırdığı görülmüştür. Ancak derin kızartma işlemlerinde toplam tokoferol içeriğinin (93,72-287,25 mg/kg) airfryera (144,24-209,28 mg/kg) göre daha çok azaldığı tespit edilmiştir.

Mısır yağı kullanılarak herhangi bir gıda maddesi içermeyen kızartma işlemleri sonunda airfryer tekniğinin %FFA (%0,1-0,3) ve toplam trans izomer (%0,02-0,84)

oluşumu üzerine etkisinin olmadığı, PV (6,7-54 meq) miktarını arttırdığı gözlenirken derin kızartma işleminde toplam tokoferol miktarının sıcaklık ve süreye bağlı olarak (100,84-578,89 mg/kg) daha fazla azaldığı tespit edilmiştir.

Mısır yağı kullanılarak dondurulmuş parmak patates kızartma işlemleri sonunda airfryer tekniğinin %FFA (%0,39-1,02) ve PV (7,6-28 meq) miktarını arttırdığı ve airfryer işlemlerinde toplam tokoferol içeriğinin (109,34-420,72 mg/kg) derin kızartmaya (303,85-571,53mg/kg) göre daha çok azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dondurulmuş Parmak Patates, Airfryer Pişirme, Derin Yağda Kızartma, Bitkisel Yağlar, Yağ Analizleri



MS THESIS
**INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF AIRFRYER COOKING
TECHNIQUE ON VEGETABLE OILS**

SEVDENUR YILDIRIM

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Chemical Engineering**

**Advisor: Prof. Dr. Mustafa TOPKAFA
2024, 100 Pages**

2024, 100 Pages

**Jury
Prof. Dr. Mustafa TOPKAFA
Doç. Dr. Fatih DURMAZ
Dr. Öğr. Üyesi İlyas DEVECİ**

In this thesis study, it was aimed to determine the changes in the physico-chemical properties of sunflower and corn oils used in airfryer cooking, which have been increasingly used in recent years, depending on the cooking type, time and temperature. For this purpose, frozen French fries and without any food ingredients were subjected to both airfryer and deep-frying processes were used sunflower and corn oils, and the changes in the oils at the end of frying were examined.

A 5-level central composite design was made for the temperature, frying time and salinity rates to be applied in frying processes and was applied in frying processes. Free fatty acid (FFA), peroxide number (PV), specific absorbance, tocopherol and fatty acid composition analyzes were carried out on sunflower and corn oils obtained at the end of frying processes.

At the end of frying processes without any food substance using sunflower oil, the airfryer technique increased the amount of PV (7.8-37.26 meq), specific At the end of frying processes without any food substance using sunflower oil, the airfryer technique increased the amount of PV (7.8-37.26 meq), specific absorbance and total trans isomer (0.1-0.98%), while It was observed the total tocopherol amount decreased (20-269.73mg/kg) depends on temperature and time. It was determined that the amounts of PV (3.42-6.9 meq) and total trans isomers (0.01-0.75%) did not increase much and the amount of total tocopherol (228-280 mg/kg) did not decrease in the deep-frying process.

At the end of frozen French frying processes using sunflower oil, the airfryer technique had no effect on the formation of %FFA (0.3-0.6%) and total trans isomers (0.03-0.66%), while it was observed that PV (6-20 meq) and the specific absorbance products increased. However, it was determined that the total tocopherol content decreased more in deep frying processes (93,72-287,25 mg/kg) than in air fryer (144,24-209,28 mg/kg).

At the end of frying processes using corn oil without any food substances, the airfryer technique had no effect on the formation of %FFA (0.1-0.3%) and total trans isomers (0.02-0.84%), and increased PV (6.7- 54 meq), while it was determined that the total amount of tocopherol decreased more in the deep frying process depending on temperature and time (100,84-578.89 mg/kg).

At the end of frozen French frying processes using corn oil, the airfryer technique increased the amount of %FFA (0.39-1.02%) and PV (7.6-28 meq) and the total tocopherol content (109.34-420.72 mg /kg) was found to decrease more than deep frying (303.85-571.53mg/kg).

Keywords: Airfryer Cooking, Deep Frying, Frozen French Fries, Oil Analysis, Vegetable Oils



ÖNSÖZ

Bu çalışma, Konya Teknik Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Kimya Teknolojisi Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Mustafa TOPKAFA danışmanlığında tamamlanarak, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ne Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur.

Yüksek lisans tez çalışma konusunun belirlenmesinde ve hazırlanma sürecinin her aşamasında değerli bilgilerini ve zamanını benden esirgemeyen, eleştirileriyle yol gösteren danışmanım Prof. Dr. Mustafa TOPKAFA hocamıza teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Burada isimlerini sayamadığım, diğer üniversite hocalarımın da bana 4 yıllık üniversite hayatım boyunca kazandırdıkları her şey için ve beni gelecekte söz sahibi yapacak bilgilerle donattıkları için hepsine teker teker teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirmiş. Benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan annem Zeynep YILDIRIM'a, babam Hüsnü YILDIRIM'a her zaman yanımda olan ve beni destekleyen kardeşlerim Selvinur TÜRKMEN'e, Sebanur AKSU'ya ve Furkan YILDIRIM'a sonsuz teşekkür ederek.

Bu yüksek lisans tezimi annem Zeynep YILDIRIM'a ve babam Hüsnü YILDIRIM'a atfediyorum.

Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından 231022015 nolu proje ile desteklenmiştir.

Sevdenur YILDIRIM
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
1.1. Yağlar.....	2
1.1.1. Yağların genel özellikleri.....	3
1.1.2. Yağların sınıflandırması	6
1.1.3. Yağlar ve yapı taşları	8
1.1.4. Vücut işlevinde yağın rolü	10
1.1.5. Yağların gıda işlemedeki fonksiyonları	11
1.2. Bitkisel Yağlar	12
1.2.1. Ayçiçek yağı	14
1.2.2. Mısır yağı	15
1.3. Pişirme Teknikleri.....	17
1.3.1. Kızartma.....	19
1.3.2. Airfryer	23
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	26
2.1. Bitkisel Yağlar	26
2.2. Pişirme Yöntemleri	28
2.2.1. Kızartma.....	29
2.2.2. Airfryer	31
2.3. Tezin Amacı.....	32
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	33
3.1. Kimyasal Maddeler.....	33
3.2. Kullanılan Cihazlar	34

3.3. Yağ Örneklerinin Hazırlanması	34
3.4. Kızartma İşlemleri	35
3.4. Yağ Numuneleri Üzerinde Gerçekleştirilen Analizler.....	36
3.4.1. Serbest yağ asidi (%FFA) tayini	36
3.4.2. Peroksit sayısı (PV) tayini	37
3.4.3. Konjuge dien ve trien (özgül absorbands) tayini	37
3.4.4. Yağ asit kompozisyonu analizleri	37
3.4.5. Tokoferol Analizleri	38
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	39
4.1. Ayçiçek Yağında Yapılan Kızartmalar	39
4.1.1. Gıda Maddesi Olmadan Yapılan Airfryer Kızartma Denemesi.....	39
4.1.2. Gıda Maddesi Olmadan Yapılan Derin Yağda Kızartma Denemesi	45
4.1.3. Parmak Patates ile Airfryerde Kızartma	50
4.1.4. Parmak Patates ile Derin Kızartma	54
4.2 Mısır Yağında Yapılan Kızartmalar	60
4.2.1. Gıda Maddesi Olmadan Yapılan Airfryer Kızartma Denemesi.....	60
4.2.2. Gıda Maddesi Olmadan Yapılan Derin Yağda Kızartma Denemesi	65
4.2.3. Parmak Patates ile Airfryerde Kızartma	70
4.2.4. Parmak Patates ile Derin Kızartma	74
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	81
5.1 Sonuçlar	81
KAYNAKLAR	83
EKLER	89
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μm	: Mikrometre
nm	: Nanometre
cm	: Dalga sayısı
meq	: Kapasite faktörü
L	: Litre
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
$^{\circ}\text{C}$	: Derece Celsius
N	: Normalite
V	: Titrasyonda harcanan miktarı
M	: Molekül kütlesi
G	: Kütle
λm	: Özgül absorbands değeri
A	: Dalga sayısı
α	: Alfa
mg	: Miligram
β	: Beta
δ	: Sigma
s	: Saniye
h	: Saat
R-	: Alkil

Kısaltmalar

IV	: İyot sayısı
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
GC	: Gaz kromatografisi
UV	: Ultra viyole
Y	: Yoğunluk
Ug	: Vakum altın da kızartma
E.N.	: Erime noktası
D.N.	: Donma noktası
UV-Vis	: Ultraviyole ve görünür ışık
PV	: Peroksit tayini
FFA	: Serbest yağ asitleri
DSC	: Diferansiyel taramalı kalorimetre
PUFA	: Çok doymamış yağ asitleri
DHA	: Dokosa Heksaenoik Asit
EPA	: Eikosapentaenoik Asit
MHz	: Megahertz
LDL	: Düşük yoğunluklu lipoprotein
HDL	: Yüksek yoğunluklu lipoprotein
PV	: Peroksit sayısı
ABD	: Amerika birleşik devletleri
USDA	: United states department of agriculture

1. GİRİŞ

Yağ, temel besinlerden biri olan ve insan beslenmesinde önemli rol oynayan, normal şartlarda yüksek viskozite, büyük miktarda karbon ve hidrojen atomu bulunduran suyla karışmayan fakat benzen, aseton, kloroform ve eter gibi organik çözücülerde çözünen maddedir.

Bitkisel yağlar; esas olarak değişen zincir uzunluklarına ve değişen doymamışlık derecelerine sahip yağ asitlerinden meydana gelen gliseritlerden oluşan trigliserit karışımlarıdır (CHU ve LIN, 1991). Yağın ana bileşeni trigliserittir ve ikincil bileşenleri serbest yağ asitleri, fosfolipidler, steroller, A, D, E ve K vitaminleri ve tokoferoller gibi gliserit olmayan maddelerdir.

Ayçiçek yağı, dünyada tüketime yönelik olarak üretilen bitkisel yağların % 12'sini oluşturmaktadır (Güzel ve Kaya, 2015; Rauf ve ark., 2017). Türkiye'de en çok üretilen ve ithal edilen yağ bitkisi % 40-50 yağ içeriğine sahip olan ayçiçeğidir (Kaya ve ark., 2009). Ayçiçeği tohumlarının preslenmesiyle ayçiçek yağı elde edilir. Ayçiçek yağı, besin değerleri ve tadı nedeniyle günlük hayatta çok fazla tercih edilmektedir.

Mısır yağı, Türkiye'de özellikle son yıllarda en çok rağbet gören bitkisel yağların başında gelmektedir. Mısırın yağ miktarı %17, protein miktarı ise %12'ye yakındır. Mısır yağı, doymuş yağ asitleri (palmitik ve stearik asit) ve doymamış yağ asitleri (palmitoleik, oleik ve linoleik) içerir. Mısır yağı, yağların oleik-linoleik grubuna ait olup, oleik asit içeriği %19-49, linoleik asit içeriği ise %34-62 arasında değişmektedir (Nas ve ark., 2001).

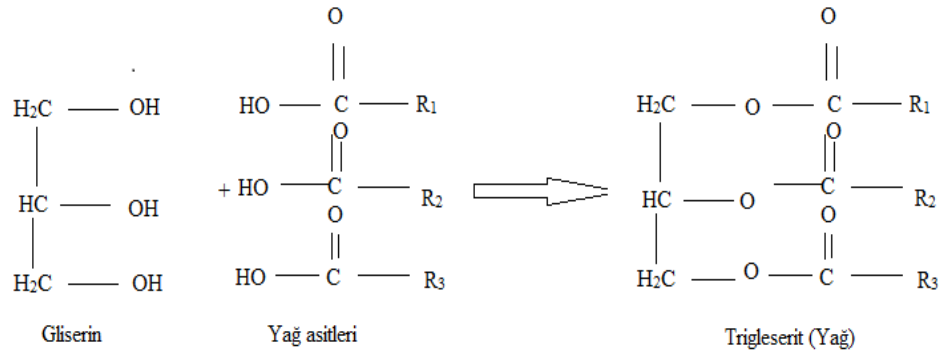
Pişirme tekniğine bağlı olarak bitkisel yağlar farklı şekillerde olumlu ya da olumsuz sonuçlar üretebilmektedir. Günümüzde çeşitli yiyeceklerin hazırlanmasında tencere (geleneksel: C), mikrodalgada (MW) ve kızartma gibi farklı pişirme işlemleri kullanılmaktadır. Bu işlemlerden en yaygın olanları tencere ve kızartma yöntemleridir. Pişirme yöntemi olarak çok tercih edilen teknik geleneksel tencere yöntemidir ve yemeklik yağda farklı kimyasal değişikliklere neden olabilmektedir (Topkafa, 2013).

Mikrodalga yöntemleri evlerde ve sanayide çeşitli gıda ürünlerinin pişirilmesi, kurutulması, pastörizasyonu, sterilizasyonu ve çözülmesi amacıyla kullanılmaktadır. MW fırınlar benzersiz ısıtma kabiliyetleri nedeniyle kolaylık, hız ve ekonomi açısından avantajlara sahiptir (Caponiof, 2003; Tan, 2001; Yoshida, 2002). Mikrodalga fırınların pek çok avantajının yanı sıra serbest radikaller, serbest yağ asitleri ve trans izomer oluşumu gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Pratt, 1974; Dadalı, 2007).

dokusunda kolaylıkla depolanmaktadır. Karbonhidrat ve proteinlerin fazla tüketimi vücutta yağa dönüşerek depolanmasına neden olmaktadır.

Yağlar, yapılarında A, D, E, K gibi vitaminleri içermeleri, gerekli olan ancak vücut tarafından üretilmeyen yağ asitlerinin kaynağı olmaları, tokluk hissini arttırmaları nedeniyle ayrı bir öneme sahip olup organları dış etkenlerin etkilerinden korurlar (Nas ve ark. 1992). Yağlar hücre zarlarını oluşturur ve vücuttaki hücre zarlarının %25-75'inde bulunmaktadırlar. Tüm canlıların deri altı ve organların etrafında depolanarak vücudu dış etkenlerden korurlar. Yağlar hidrofobik özelliklerinden dolayı bazı iyonik ve polar maddelerin geçişini engelleyebilirler.

Yağlar, yapısında çift sayıda C atomuna (4-24) sahip doymuş ve doymamış yağ asitlerinin trigliseritleridir. Yağ asitleri uzun doğrusal iki karbonlu monokarboksilik asitlerdir. Gliserol trihidrik alkollerden biri olduğu için üç mol yağ asidi ile birleştirilerek esterleştirilir. Gliserol yağ oluşumunda kullanıldığı için gliserit olarak da adlandırılır. Yağın saf bileşiminde C, H ve O elementleri bulunur. Bu elementler suda çözünmemesine rağmen çoğu organik çözücünde çözünürler.



Şekil 1.1. Yağ oluşum reaksiyonu.

1.1.1. Yağların genel özellikleri

1.1.1.1. Yağların fiziksel özellikleri

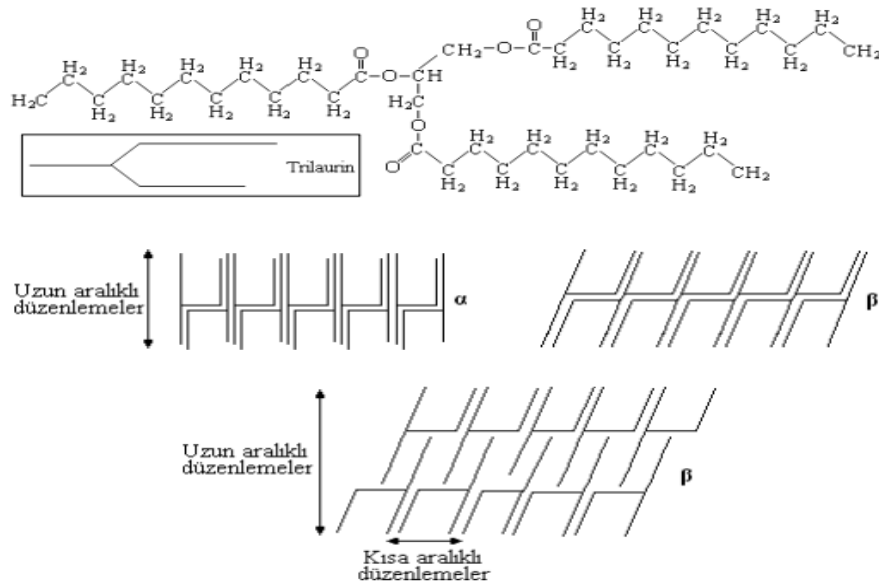
Esas olarak renksiz ve kokusuz olan yağlar, lutein (yağda çözünen bir pigment) ve karotenoidlerden dolayı sarı ve kırmızı olarak görünürler. Yağların yoğunlukları 0,9–0,92 g/cm³’tür. Yağlar suya kıyasla daha az yoğun olduğundan su ile temas ettiğinde yüzeyde kalırlar. Yağların farklı erime noktaları vardır. Bu farklı trigliserit ve yağda çözünen maddeleri içermelerinden kaynaklanmaktadır.

Yağın içindeki yağ asitlerindeki karbon atomu miktarı arttıkça erime noktası da artar. Çift bağ sayısı ile erime noktası ters orantılıdır ve çift bağlı yağ asitlerinin varlığı

kristal oluşumunu engeller. Bu moleküller doğrusal yapıyı bozar. Örneğin, çift bağ içermeyen stearik asidin erime noktası 72°C iken, üç çift bağ içeren linolenik asidin erime noktası -11°C 'dir. Doymamış yağ asitlerin fazla miktarda içeren yağlar sıvıyken doymuş yağ asitlerini içerenleri ise katıdır.

Bir yağ asidinin cis veya trans olması erime noktasını etkiler. Doğal olarak oluşan doymamış yağ asitleri büyük oranda cis formunda bulunurlar. Trans izomer molekülün doğrusal yapısını cis izomerine göre daha iyi koruduğu için trans izomerin erime noktası daha yüksektir. Aynı doymunluğa ve C atomuna sahip yağlar normal koşulda sıvı olabilir.

Yağlar özgün bir kristal yapıya sahiptirler (Şekil 1.2.) Yağın kıvamı kristal yapının şekline göre değişkenlik göstermektedir. Normal koşullarda katı yağdaki kristalleşme miktarı daha fazladır. Trigliseritler, her birinin kendi erime noktasına sahip en az üç tip kristal yapısı vardır. Trigliseritlerin yapısının da yağ asitleri arttıkça kristal geometrisi o kadar düzgündür. Uzun zincirli yağ asitlerinin kristal oluşturma eğilimi daha yüksektir. Yapılarındaki çift bağ sayısı artması sonucu doğrusal yapıları bozulur ve kristal yapı zayıflar. Katılaşma sonucunda hızla karışıp soğuyan yağ, küçük parçalara dönüşür ve düzenli bir kristal yapıya sahiptir. Yağdaki kristal sayısı; yağ asidi zincirinin uzunluğuna, doymunluk derecesine, doymamış yağlardaki çift bağların düzenine ve yapısındaki maddelerin türüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir.



Şekil 1.2. Yağlarda kristal yapı çeşitleri

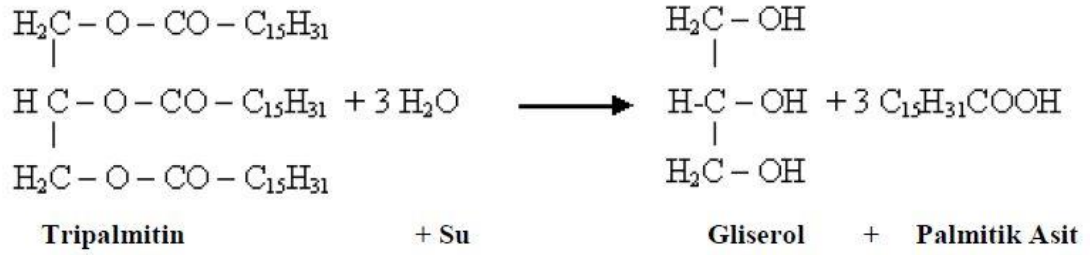
Yağlar organik çözücülerde çözünür fakat suda çözünmezler. Yapısındaki -OH gruplarından dolayı yağın gliserol kısmı suda kolaylıkla çözünürken yağ asitlerinin

hidrokarbon kısmı suda çözünmez. 6 C'nin altındaki kısa zincirli yağ asitleri suda az çözünür. 6C'lu kaproik asit ve uzun zincirli yağ asitleri (eter, benzen, kloroform gibi) organik çözücünde çözünür.

1.1.1.2. Yağların kimyasal özellikleri

Yağdaki kimyasal reaksiyonlar ester veya çift bağlarda oluşmaktadır. Bunlar: hidroliz, sabunlaşma, yeni moleküllerin oluşmasıdır (rearrangement).

Hidroliz, suyun tesiri altında trigliserit molekülünün parçalarak gliserol ve serbest yağ asitlerine parçalanmasıdır. Aşırı ısıtılmış buhar, alkaliler, asitler ve lipazlar yağın hidrolizine neden olabilir (Kayahan, 2023). Hidroliz aynı zamanda insan vücudunda da meydana gelir. Bağırsakta yağ hidrolize edilir ve pankreas lipazı tarafından emilir. Kızartma yağının ve yağın içine konulan gıdanın tekrar tekrar kullanılmasıyla oluşan yüksek sıcaklıklar, trigliseritlerin hidrolize olmasına neden olabilir. Daha sonra yüksek ısı etkisi altında yağ yanarak özelliklerini kaybeder, gliserin ayrışır ve akrolein oluşur.



Şekil 1.3. Hidroliz reaksiyonu

Sabunlaşma, yağda bulunan gliserit ve yağ asitlerinin sodyum ya da potasyum atomları ile bazik ortam oluşturdıkları tuzlardır. Esas olarak kısa zincirli yağ asitleri içeren yağlar, uzun zincirli yağ asitleri içeren yağlara göre daha yüksek sabunlaşma oranına sahiptir. Çünkü kısa zincirli yağ asitleri içeren 1 gram yağda, uzun zincirli yağ asitlerine göre daha fazla -COOH grubu bulunmaktadır. Bitkisel yağların çoğunun sabunlaşma sayısı 190-200, tereyağı ise 210-250'dir.

Yağ asitlerinin gliserol molekülleri üzerinde rastgele dağılması sonucunda yağda çeşitli yeni moleküllerin ortaya çıkarak yağın homojen yapısı bozarak yağın işlevsel özelliklerinin değişmesine sebep olmaktadır. Bunlar; oksidasyon, hidrolojenme, izomerizasyondur.

Yağ asitlerinde bulunan çift bağlar oksijenin etkisi altında çeşitli oksidasyonlara maruz kalarak; hidroperoksitler, aldehitler, ketonlar, asitler ve alkoller gibi bozunma ürünlerinin oluşmasına yol açarlar (Sherwing, 1978). Oksidasyonun başlatıcısı oksijen molekülüdür ve kimyasal reaksiyon başladıktan sonra kendiliğinden devam eder. Bu olaya oto-oksidasyon denir. Oto-oksidasyon, yağ asidindeki çift bağların sayısı ile doğru orantılıdır.

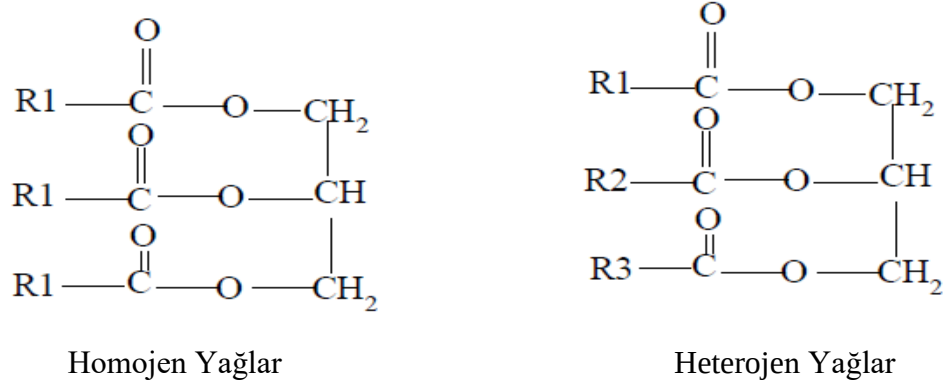
Hidrojenlenme, çoklu doymamış yağ asitleri içeren bir yağın çift bağlarının basınç altında uygun bir katalizör kullanılarak açılması ve hidrojen ile doyurulması işlemidir. Katı yağlar, gıda endüstrisinde sıvı yağlardan hidrojenasyon yoluyla elde edilir (Dudra, 1988; Frankel, 1994; Patterson, 1994). Yağın erime noktasını hidrojenizasyonla istenilen seviyeye getirmek mümkündür (Mensink ve Katan, 1990). İzomerizasyon, yağın doyurulması işleminin bir yan ürünüdür. Çift bağın cis formunu trans formuna dönüştürür.

1.1.2. Yağların sınıflandırması

Yağlar birçok farklı şekilde sınıflandırılabilir. Organik kimyada tüm yağlara toplu olarak lipitler denir. Lipitler kökenlerine bağlı olarak bitkisel yağlar, hayvansal yağlar, mineral yağlar, uçucu yağlar ve mumlar olarak sınıflandırılır. Yemeklik yağların yaklaşık %71'i bitkisel yağlardır (Salunkhe, 250pp).

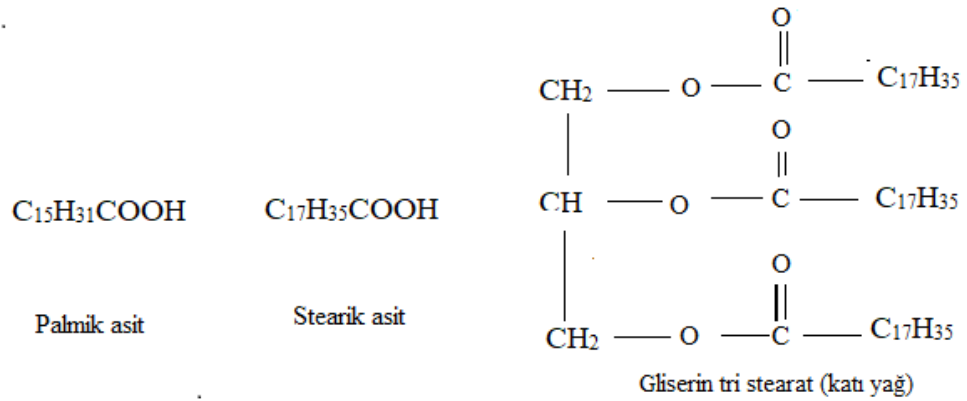
Bitkisel yağlar, bitkilerin tohumlarında (pamuk, ayçiçek, soya, mısır vb.) veya meyvelerinde (hindistancevizi, zeytin, mısır vb.) sıvı veya katı halde bulunur. Sanayide bu kaynaklar çoğunlukla çeşitli yöntemlerle değerlendirilmektedir. Hayvansal yağlar esas olarak küçükbaş, büyük baş ve balık türlerinden gelmektedir. Hayvansal yağlar katı veya sıvı olabilirler.

Yağı oluşturan trigliseridlerin aynı ya da farklı olmasına bağlı olarak aynı trigliseridlere sahip olan yağlara homojen yağlar, farklı trigliseridlere sahip olan yağlara ise heterojen yağlar adı verilmektedir.



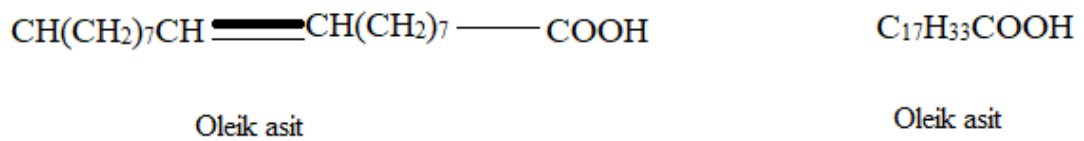
Şekil 1.4. Farklı Trigliseridlere Sahip Olan Yağlara

Katı yağlar, yapılarında doymuş asitlerin esterlerini içerirler. Katı yağlar öncelikle hayvansal ürünlerdir. İçeriğinde esas olarak palmitik asit, ardından laurik asit ve stearik asit bulunur. Her üç asit de karışık gliseritlerde bulunabilir (Taşan, 2005).



Şekil 1.5. Katı yağ oluşum reaksiyonu.

Sıvı yağlar, yapılarında daha fazla doymamış yağ asitleri bulundurlar. Bunlar zeytin, pamuk tohumu ve soya fasulyesi yağı gibi bitkisel yağlardır.



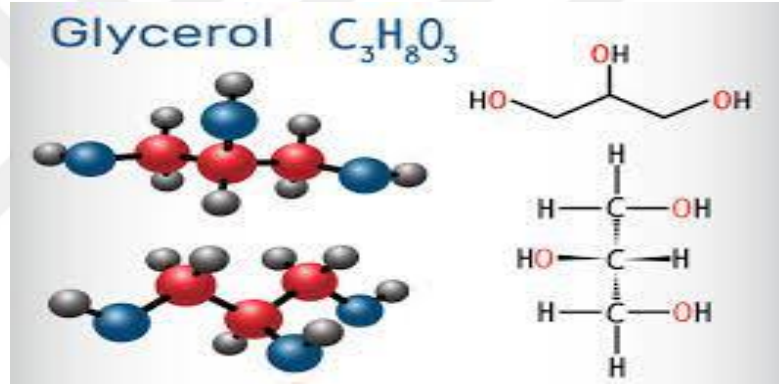
Şekil 1.6. Sıvı yağ oluşum reaksiyonu.

1.1.3. Yağlar ve yapı taşları

Yağ asitlerinin (R-COOH) ve gliserolün [C₃H₅(OH)₃] esterleşmesiyle oluşan hemen hemen tüm katı ve sıvı yağlara trigliseritler denir. Yağ asitlerinin farklı zincir uzunlukları ve yapıları olabilir. Yağların çeşitliliği, yağ asitlerinin çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır.

1.1.1.1. Gliserin (Gliserol)

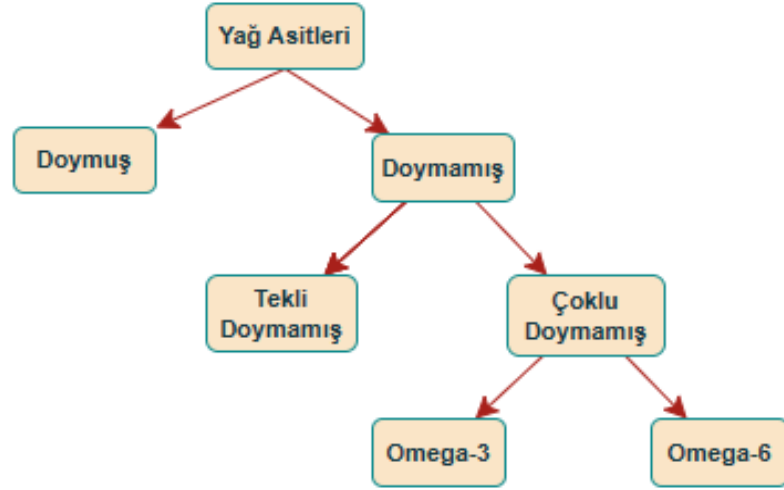
Yapılarında üç hidroksil uç bulunduran trioldür. Kapalı formülü C₃H₅(OH)₃'tür. Birçok organik çözücünde çözünmez (lipidlerin aksine), suda çözünür. Higroskopik, renksiz, viskoz sıvıdır. KHSO₄ gibi bir kurutucu madde ile ısıtılırsa ayrılarak akrolein (akrolein) oluşturur. Akrolein, nötr yağları mineral yağlardan ayırmaya yardımcı olan yanıcı ve zarar verici bir kokuya sahiptir.



Şekil 1.7. Gliserin molekülü

1.1.1.2. Yağ asitleri

Canlılarda bulunan hemen hemen tüm lipidler ve lipoid bileşikleri doğrusal, doymuş veya doymamış yağ asidi esterleridir. Yağ asitleri yapılarında birkaç istisna dışında tek bir karboksil grubu içerir. Yani yağ asidi molekülleri alkil (R-) ve karboksil (-COOH) gruplarından oluşmaktadır (Nas ve ark., 2001; Kayahan, 2003). Yağ asitleri genellikle çift C sayılı, tek karboksil gruplu (-COOH) ve doğrusal yapıya sahip (alifatik) organik asitlerdir (Rustan ve ark., 2005). Yağ asitleri farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Yağ asitleri zincir yapılarına, çift bağ içerip içermediğine ve insan vücudunda sentezlenip sentezlenmediğine göre sınıflandırılır (Karaca ve Aytaç, 2007).



Şekil 1.8. Yağ asitlerinin sınıflandırılması.

Doymuş yağ asitleri; yapıları düzdür ve çift sayıda C atomu içerir. Karbonların sayısı en kısa zincirli doymuş yağ asidi bütirik asittir (4 C), en uzun zincirli yağ asidi ise lignoserik asittir (24 C). Şu ana kadar tespit edilen en uzun zincirli doymuş yağ asidi oktadekanoikdir (38 C). Oksidatif bozulmaya karşı dayanıklıdırlar. 4 ila 8 karbon atomuna sahip doymuş yağ asitleri normal koşulda sıvılardır. 10 veya daha fazla karbon atomuna sahip yağ asitleri katı halde bulunur. Doymuş yağ asitlerinin suda çözünürlüğü molekül ağırlığının artmasıyla azalmaktadır (Başoğlu, 2006). 8°C'nin altındaki maddeler normal koşullar da sıvıdır ve su buharıyla buharlaşır. Doymuş yağ asitlerine uçucu yağ asitleri olarak da bilinmektedir. Karbon sayısının fazla oluşu güvenilir olduğunu göstermektedir. Bu yağların molekül ağırlığı ile yoğunluğu, viskozitesi ve kırılma indisi ters orantılıdır. Hemen hemen tüm lipitler doymuş yağ asidi esterlerine sahiptir. Vücutta yağ tüketimi olmadığı durumlarda dahi doymuş yağ asitleri sentezlenebilir; bu tür yağ asitleri karbonhidrat metabolizmasının oluşturduğu moleküllerden sentezlenebilir (Kümeli, 2006).

Çizelge 1.1. Bazı doymuş yağ asitleri ve bunları içeren gıdalar.

Yağ Asidinin Adı	Kapalı formülü	D.N.	Bulunduğu Yer
Bütirik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	-7,9	Tereyağı, palm yağı
Kaproik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	-3,4	Süt yağı, koka yağı
Kaprilik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16	Süt yağı, palm yağı
Kaprik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	31,3	Süt yağı, palm yağı
Laurik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	43,5	Süt ,defne ve palm yağı
Miristik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	54,4	Hayvansal yağlar ve koka yağı
Palmitik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	62,9	Tüm yağlar
Stearik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69,6	Hayvansal yağlar
Arasidik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	75,3	Yer fıstığı yağı
Behenik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	79,9	Yer fıstığı yağı, hardal yağı
Lignoserik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	84,2	Yer fıstığı yağı, kozala yağı

Doymamış yağ asitleri yapılarında çift bağ bulunduran yağ asitleridir. Tek bir çift bağ bulunduranlara tekli doymamış yağ asitleri, iki veya daha çok çift bağ içeren yağ asitlerine ise çoklu doymamış yağ asitleri denir. Çift bağ sayısı fazla ise reaktivite fazladır bu nedenle doymamış yağ asitleri doymuş yağ asitlerine göre daha reaktiftir. (Nas ve ark., 2001). Doymamış yağlar insan vücuduna gerekli olan esansiyel bir yağ asididir. Normal koşullarda sıvı ve çoğu bitki kökenlidir (Kümeli, 2006). Yağdaki önemli doymamış yağ asidinin karbon numarası 18 ve yapısında en fazla 7 tane çift bağ bulunmaktadır.

Çizelge 1.2. Başlıca doymamış yağ asitleri.

Adı	Kapalı Formül	Çift Bağ Sayısı	D.N.	Bulunduğu Yer
Kaproleik Asit	$\text{C}_9\text{H}_{17}\text{-COOH}$	1	16,0-16,5	Tereyağı
Lauroleik asit	$\text{C}_{11}\text{H}_{21}\text{-COOH}$	1	43,2	Deniz hayvanalrı yağı
Miritoleik asit	$\text{C}_{13}\text{H}_{25}\text{-COOH}$	1	-4,5	Balık yağı
Pamitoleik asit	$\text{C}_{15}\text{H}_{29}\text{-COOH}$	1	5	Balık yağı, tereyağı
Oleik asit	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{-COOH}$	1	13	Birçok bitki ve hayvan yağı
Eurisik asit	$\text{C}_{17}\text{H}_{41}\text{-COOH}$	1	35,5	Kolza ve hardal yağı
Linoleik asit	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{-COOH}$	2	-5,2	Keten, ceviz, ayçiçeği yağı
Linolenik asit	$\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{-COOH}$	3	-11	Keten ve soya yağı
Araşidonik asit	$\text{C}_{19}\text{H}_{31}\text{-COOH}$	4	-49,5	Fıstık, karaciğer, beyin ve yumurta

1.1.4. Vücut işlevinde yağın rolü

Yağ hücre yapısının temeli ve hücre zarlarının ve sitoplazmik organellerin %50'sini oluşturur. Hücre zarlarının önemli bir bileşeni de fosfolipidlerdir. Bunlar mitokondrinin elektron taşıma fonksiyonuna katkıda bulunur. Yağlar oksijenden daha fazla karbon içerdikleri için vücutta yakıldığında karbonhidrat ve proteinlerden daha fazla enerji sağlarlar. Hücre içi yağlar yakıldığında yüksek oranda metabolik su açığa

çıkar ve açığa çıkan su kış uykusuna yatan ve uzun mesafeler kat eden hayvanlar için su kaynağı ol-arak kullanılırlar. Vücut ısının kaybını önler, enzimleri aktive eder. Ayrıca yağlar yağda çözünen vitaminlerin (A, D, E, K) taşıyıcısıdır. Yağlar, bazı vitamin ve hormonların biyosentezinin öncüleridir. Metabolik aktivite vücutta üretilmeyen esansiyel yağ asitlerinin alımını sağlar. Organları çevreleyerek destekler, dış etkenlerden ve etkilerden koruyarak miyelinli sinirler boyunca uyarının hızla yayılmasına neden olarak sinir sistemi üzerinde olumlu etkisi vardır.

Vücut derisinin elastikiyetini etkili bir şekilde korur. Uzun süre yağsız yiyecekler tüketen kişilerde ciltte pullanma görülebilir. Vücutta tüketilen karbonhidrat ve proteinlerin fazlası yağa dönüştürülerek depolanır. Çok fazla yağlı veya yağa dönüşebilen yiyeceklerin tüketilmesi kan damarlarının tıkanmasına neden olabilir. Sonuç olarak kalp ve dolaşım hastalıkları meydana gelebilir ve obeziteye yol açabilir. Her şeyde olduğu gibi çok fazla yağ tüketmek zararlıdır (Yapma, 2012).

1.1.5. Yağların gıda işlemedeki fonksiyonları

Yağlar hamurun yumuşak olmasını sağlar. Ayrıca hava kabarcıklarını hapsederek yapısını hafifletir ve çıtır hale getirirler. Şişliğin azalmasında olumlu etkisi vardır. Yağlardaki monogliseritler, digliseritler ve fosfolipidler emülgatör görevi görürler. Mayonez ve sosis üretiminin önemli bir bileşenidirler. Gıdalarda aroma taşıyıcısı görevi görürler. Kızartma esnasında yiyeceklerin tavaya yapışmasını engellerler. Kızartma işleminde yağ sıcaklığı 180 ila 200°C'dir. Kızartma işleminde yiyeceklerin içerdiği su, yağa karışarak yağların parçalanmasını kolaylaştırmaktadır.

Kızartma sırasında yağda, serbest yağ asitlerinin miktarında artış, dumanlama noktasında azalma, erime noktasında düşüş, viskozitede artış, acılaşma ve köpüklenme, yağın renginde koyulaşma, besin değerinde azalma olabilmektedir.

Kızartma işlemi esnasında yiyecek yağı emdiğinden kalori değeri artar (2'den 6 ila 7 kata kadar). Kızartma işleminde ürünün (patates, balık , et fileto vb.) dış çeperini un veya yumurta tozuyla kaplamak emilen yağ miktarını azaltacaktır (Dağlıoğlu ve ark., 2002). Yağ sıcak ve kızartma işlemi derin bir kapta yapılmalıdır. Kızartma işlemi için antioksidan içeren kızartma yağları öncelik verilmelidir. Örneğin tereyağının dumanlanma noktası düşüktür bu nedenle kızartmaya uygun değildir. Son yıllarda zeytinyağının kızartma sırasında daha az toksik madde ürettiği ve tercihen kullanılması gerektiği söylenmiştir (Mensink ve Katan, 1990; Larque ve ark., 2001).

Çizelge 1.3. Kızartma yağlarının tava ve fritözlerde kullanılması sonucu oluşan reaksiyonlar ve ürünler.

Kızartma Tipi	Oluşan Reaksiyonlar	Oluşan Ürünler
Tavada Kızartma	Otooksidasyon	Uçucu asitler
	İzomerizasyon	Uçucu esterler
	Polimerizasyon	Uçucu aldehitler
		Uçucu alkoller
		Aromatik bileşikler
		Trans izomerler
		Serbest yağ asitleri
		Uçucu asitler
		Uçucu aldehitler
		Uçucu alkoller
Fritözle Pişirme	Otooksidasyon	Aromatik bileşikler
	İzomerizasyon	Trans izomerler
	Polimerizasyon	Serbest yağ asitleri
	Hidroliz	Mono Ve Digliseritler
		H ₂ O ve CO ₂

1.2. Bitkisel Yağlar

Sebzelerden, tohumlardan, meyvelerden ve tahıl tanelerinden elde edilen yağlara bitkisel yağ denmektedir. Bu yağlara; badem, argan, avokado, kanola, mısır, pamuk çekirdeği, üzüm çekirdeği, keten tohumu, zeytin, palmiye, yer fıstığı, aspir, soya fasulyesi, ayçiçeği, ceviz ve buğday tohumu yağı örnek olarak verilebilir. Bitkisel yağlar doğal antioksidan görevi gören askorbik asit, alfa-tokoferol, beta-karoten ve flavonoidleri gibi bazı biyoaktif bileşenlere sahip olabilir (Aluyor ve Ori-Jesu, 2008.). Bazı bitkisel yağlar yenilebilir özellikte iken birçoğu insan sağlığı açısından zararlı bileşenler bulunduracağından yenilebilir değildir. Bunların birçoğunun sığır yemi, motor yakıtı, boyadaki kurutma maddeleri gibi çeşitli alanlarda kullanımları vardır (Eganathan, ve ark., 2006).

Kullanım amaçlarına bağlı olarak, bitkisel yağlar ham malzemeyi çatlatarak, presleyerek ve bazen ısı uygulanarak elde edilebilir. Bazı durumlarda, bünyesinde bulunan kötü koku ve tat veren maddeleri uzaklaştırmak için arıtma, ağartma ve ek işlemlere tabi tutulurlar.

Bitkisel yağlar trigliseritlerden oluşur ve oda sıcaklığında sıvı halde bulunurlar ve hayvansal yağlardan daha çeşitli yağ asitleri içerirler. Örneğin zeytinyağı, sağlıklı kolesterol (HDL veya yüksek yoğunluklu lipoprotein) seviyelerine katkıda bulunan ve kalp hastalığı riskini azaltabilen tekli doymamış yağ asidi oleik asidi içerir. Bazı yağlar

çoğunlukla çoklu doymamış yağ asitlerinden alfa-linolenik asit (omega-3) ve linoleik asit (omega-6) içerirler. Bu yağ asitleri kolesterolü metabolize etmeye ve yağda çözünen A, D, E ve K vitaminlerinin emilimine yardımcı olarak hücre zarlarının korunmasına katkıda bulunurlar.

Keten tohumu yağı, herhangi bir bitkisel yağın en yüksek alfa-linolenik asit seviyesine sahipken; hindistan cevizi yağı, pamuk tohumu yağı ve palmye yağı ise doymuş yağ asit seviyesi yüksektir. Doymuş yağlar, kan dolaşımındaki düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterol seviyelerini yükseltir ve bu nedenle kalp hastalığı riskinin artmasına sebep olurlar (Katan, ve ark., 2010).

Bitkisel yağlar; gıda ürünlerinin pişirilmesi, kızartılması, sosların hazırlanması ve unlu mamuller üretimi sırasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yemek pişirmede kullanılan katı ve sıvı yağlar uzun süre ısıtılır ya da kullanılırsa duman çıkarmaya ve parçalanmaya uğrayarak besin değerinin azalmasına ve sağlığa zararlı olan serbest radikallerin oluşmasına neden olur. Bir dizi değişikene bağlı olarak bir yağın duman noktası geniş ölçüde değişebilir (Beck ve Leslie, 2015). İşlenmemiş yağlar, işlenmiş yağlardan daha düşük bir duman noktasına sahiptir ve salata soslarında olduğu gibi ısı olmayan kullanımlar için daha uygundur. İşlenmemiş yağlar olarak da bilinen soğuk preslenmiş yağlar, 49 ° C'nin (120 ° F) altındaki sıcaklıklarda işlenir ve daha fazla besin değeri koruduğu söylenir (Tuberoso ve ark., 2007).

Trans yağlar, bitkisel yağları katılaştırmak için gerçekleştirilen hidrojenizasyon sırasında oluşur. Trans yağlar LDL kolesterolü ve kalp hastalığı riskini arttırdığından, ABD Gıda ve İlaç İdaresi, 2006'dan beri gıda içerik panellerinde trans yağ içeriğinin listelenmesini zorunlu kılmıştır (Mozaffarian ve ark., 2006).

Argan yağı, jojoba yağı ve shea yağı da dahil olmak üzere bir dizi bitkisel yağ, saç ve cilt ürünlerinde nemlendirici olarak kullanılır. Badem ve hindistancevizi yağı, masaj yağlarında baz olarak ve aromaterapide kullanılan uçucu yağlar için taşıyıcı yağlar olarak kullanılır. Bazı bitkisel yağlar kurutma yağları olarak bilinir ve havaya maruz kaldıklarında kalınlaşır ve sertleşirler. Örneğin keten tohumu yağı; boya, baskı mürekkepleri, ahşap vernik, lekeler ve muşamba üretiminde kullanılan bir kurutma yağıdır. Haşhaş tohumu yağı, sanatçıların boyalarında kurutma maddesi olarak da kullanılır.

1.2.1. Ayçiçek yağı

Ayçiçeği (*Helianthus annuus*), Asteraceae familyasına ait bitkidir. Ayçiçeği yalnızca sınırlı coğrafi bölgelerde yetiştirilmektedir ve bu nedenle diğer bölgesel mahsullerin rekabet baskısı altında kalmaktadır. Ayçiçeği (*Helianthus annuus*), on dördüncü yüzyılda İspanyollar tarafından Avrupa'ya tanıtıldı. Ekimi kısa sürede Rusya'ya yayıldı ve burada geniş çapta kabul gördü. Rusya'da bitki ıslahına ilişkin sistematik çalışmalar 1910'da Kharkhov'da başladı ve Kruglik (1912) ve Saratov'a (1913) kadar uzandı. Ayçiçeklerinden elde edilen yağ, protein, lif ve kül içerikleri **Çizelge 1.4.** de listelenmiştir (Gupta 2002).

Çizelge 1.4. Ayçiçeği tohumlarının kimyasal içeriği (Gupta 2002)

Çeşitlilik	Wt /1000 Seeds (g)	Gövde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Elyaf kalıntısı (%)	Kül
Perodovic	61	20	48,7	19,2	14,6	0,416
Hybrid 894	50	27,5	43,6	19,4	20,1	0,447
Cargill 187	54	24,2	45,5	17,5	20,6	0,427
İntersate 3137	51,5	25,3	50,5	16,8	15	0,453
Mycogen 658	52	21,80	50,9	17,3	15,6	0,44
Pioneer 6451	55	21,4	49,6	16,5	15,6	0,431

Ayçiçek yağı en popüler ve gıda ürünlerini pişirmede ve kızartmada en çok tercih edilenler yağlar arasında yer alır (Savaş, 2000). Bazı ülkelerde soya fasulyesi, pamuk tohumu ve palm yağlarına tercih edilmektedir. Ayçiçek tohumunun içerdiği yağ miktarı %23 ila %46 arasında değişmektedir. Ayçiçek yağı diğer bitkisel yağlar gibi trigliseritlerden (%98-99) ve diğer sabunlaşmayan maddelerden oluşur. Ayçiçek yağındaki yağ asidi bileşimi; miristik asit (C14:0), palmitik asit (C16:0), palmitoleik asit (C16:1), stearik asit (C18:0), oleik asit (C18:1), linoleik asit (C18:2), linolenik asit (C18:3) ve araşidik asitten (C20:1) oluşur. Ayçiçek yağı yüksek linoleik asit içeriğine sahiptir ve en yaygın türlerden elde edilen yağlarda %65-70 oranında bu yağ asidi vardır. Bunun tersine, yüksek düzeyde (>%80 oleik asit ve yalnızca %5-9 linoleik asit) ve orta düzeyde oleik asit içeren çeşitler (%55-75 oleik asit ve %15-35 linoleik asit) türler de mevcuttur. **Çizelge 1.5.** bu üç ayçiçeği türünün tipik yağ asidi bileşimi verilmiştir. (Jamieson ve Baughman, 1922, Guinda ve ark, 2003, Abitogun ve ark, 2008).



Şekil 1.9. Ayçiçek yağı

Çizelge 1.5. Üç tür ayçiçeğinin tipik yağ asidi bileşimi yağ (%) (Bordoulunia ve Popov, 1974).

Yağ Asidi	Geleneksel	Yüksek Oleik	Orta Oleik
Toplam Doymuşluk	11-13	9-1	<10
Oleik Asit	20-30	80-90	55-75
Linoleik Asit	60-70	5-9	15-35
Linolenik Asit	<1	<1	<1
AOM (h)	10-12	40-50	25-35
Yaklaşık IV	128	79	108

Ayçiçeği yağı, trigliseritlerin yanı sıra çok sayıda mikro bileşen de içerir. Bunlar arasında tokoferoller, steroller ve sterol-esterler, fosfolipitler, karotenoidler, klorofil ve eser metaller içermektedir. Ayçiçek yağı içerisinde bol miktarda E vitamini barındırır. E vitamini olarak bilinen tokoferoller doğal antioksidan özelliğine sahiptir. Ayçiçek yağı, hafif bir tat ve görünüme sahiptir ve oda sıcaklığında sıvı haldedir (Baydar ve Turgut, 1999). Ayçiçek yağı, uzun süre kızartma yapmak için uygun değildir.

1.2.2. Mısır yağı

Mısır yağı, hoş aroması, yüksek stabilitesi ve margarin üretimindeki önemi nedeniyle bitkisel yağlar da oldukça popülerdir. Bitkisel yağlar arasında dünyada yıllık üretimde onuncu sırada yer almakta olup bitkisel yağ üretiminin yaklaşık %2'sini oluşturmaktadır (Moreau, 2002). Mısır yağının kimyasal bileşimi, yüksek miktarda çoklu doymamış yağ asitleri (ortalama %60-75 linoleik asit) ve ticari bitkisel yağlar arasında en yüksek sabunlaşamayan madde içeriği (>%2) ile karakterize edilir. Fitosterol (bitki sterolleri) içeriği (>%1) ve γ -tokoferol içeriği çok yüksektir (yaklaşık %0,10).



Şekil 1.10. Mısır yağı

Mısır yağının önemli özellikleri arasında hoş tadı ile birlikte yüksek düzeyde çoklu doymamış (esansiyel) yağ asitleri ve düşük düzeyde doymuş yağ asidi içermesi yer almaktadır.

Çizelge 1.6. Mısır yağının değerleri (Popov ve ark., 1974).

Özellikleri	Değerleri
İyot değeri	127-133
Sabunlaşma numarası	187-193
Serbest yağ asitleri(%) maks	0,05
Color Lovibond	3,0 red max
Gardner	6max
Kırılma indisi	
20 °C	1,4753
26 °C	1,4726
Özgül ağırlık	
25/25 °C	0,91875
Viskozite (Cp)	
40°C	30,80
60°C	18,15
Dielektrik sabiti	
26 °C	3,954
Yüzey gerilimi 25°C (dyn/cm)	34,80
Ara yüzey gerilimi 24°C k H.O(dyn/cm)	18,60
Termal maddeler (%) 130 °C (J/s/cm ⁰ C)	4,2017*10 ⁻⁵
Unsaponifiables (%)	1-3
Galon başına ağırlık (60°C)	7*7
Erime noktası	-11, -8
-Duman noktası	230- 371
Parlama noktası	332-338
Ateş noktası	366-371
Bulutlama noktası	-14,-11

Tokoferol bileşenlerinin ayrıntıları **Çizelge 1.8.**'de ve steroller ve sterol esterlerin ayrıntıları **Çizelge 1.7.**'de gösterilmektedir.

Çizelge 1.7. Ham ayçiçeği, soya fasulyesi ve mısır yağındaki sterollerin ve sterol esterlerin tipik dağılımı (%) (Muller Mulot 1976).

Yağ	Steroller	Sterol Esterler
Ayçiçeği	72	28
Soya Fasulyesi	97	3
Mısır	35	65

Çizelge 1.8. Ham ayçiçeği, soya fasulyesi ve mısır yağındaki tokoferoller (ppm) (Popov ve ark., 1974).

Yağ	α	β	γ	δ
Ayçiçeği	608	17	11	
Soya Fasulyesi	116	34	737	275
Mısır	134	18	412	39

1.3. Pişirme Teknikleri

Yemek pişirme, yiyecekleri genellikle farklı ısıtma yöntemleriyle tüketime hazırlama sistemidir. Pişirme teknikleri ve malzemeleri dünya genelinde büyük oranda farklılık gösterirken milletlerin ekonomileri ve kültürel özelliklerini yansıtır. Pişirme teknikleri kişinin becerisine, eğitim türüne ve ayrıca yemek üzerinde büyük etkisi olan ürün kalitesi gibi kaynaklara bağlıdır.

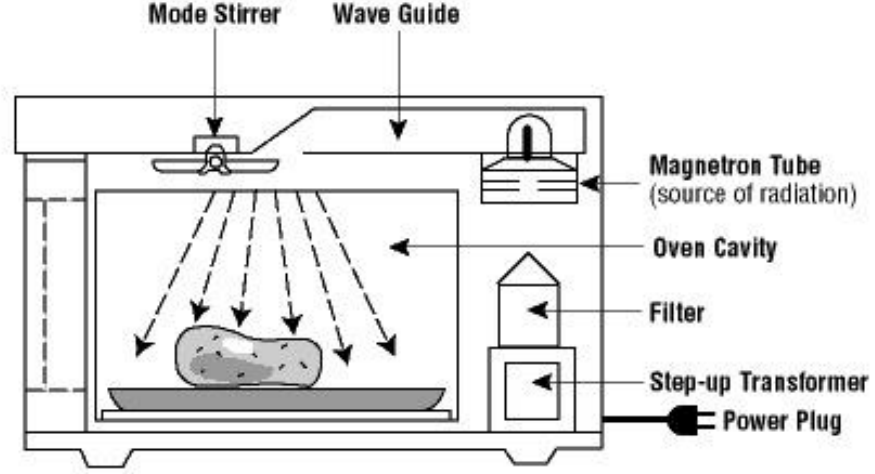
Her yemek farklı pişirme yöntemleriyle hazırlanır. Uluslararası mutfaklarda çalışan şeflerin bu pişirme yöntemlerini iyi anlamaları ve kullanmaları gerekmektedir. Her bir gıda ürününün farklı dayanıklılık süreleri vardır ve bu nedenle pişirme yöntemi her ürün için farklılık gösterir. Pişirme yöntemlerine bağlı olarak bitkisel yağlar farklı özelliklerde olumlu ya da olumsuz sonuçlar üretebilmektedir. Günümüzde tencere (geleneksel:C), mikrodalga (MW) ve kızartma gibi farklı pişirme işlemleri çok çeşitli gıdaların hazırlanmasında kullanılmaktadır (Topkafa, 2013).

Binlerce yıl boyunca büyük tencerede suyla pişirilen yiyecekler, kalıcı pişirme yöntemlerinden biri olarak kalmıştır. Geleneksel pişirme tekniğinin ilk öncüsü kilden yapılmış olan güveçtir ve üç ayaklı uzun ocak ateşinin üzerine yerleştirilen göbekli bir kaptır. Şekli yakıtın verimli kullanılmasını sağlamıştır. Bütün bir yemeği tek bir tencerede pişirmek aynı zamanda yakılacak odun düşünüldüğünde ekonomik bir kullanımdır. Paslanmaz çelik veya emaye metalden yapılmış günümüzün güveci, gazlı

veya elektrikli ocaklar için tasarlanmıştır. Zamanla yakıt verimliliğini arttırmak için kısa süre de pişirme sağlayan düdüklü tencere tasarlanmış ve kullanılmaya başlanmıştır.

Mikrodalga, enerji tasarrufu sağlayan, kullanışlı ve zaman kazandıran bir pişirme yöntemi olarak kullanılır. Mikrodalga ısıtma, elektromanyetik radyasyonun polarizasyon etkisiyle ilgilidir ve elektromanyetik enerjinin termal enerjiye dönüşmesine neden olur (Soni ve ark., 2020). Mikrodalga ısıtma, geleneksel ısıtma işlemine göre kısa ısıtma süresi, yüksek enerji verimliliği ve kullanım kolaylığı gibi avantajlara sahiptir (Marszałek ve ark., 2015; Marszałek, ve ark., 2016). Gıda endüstrisinde sterilizasyon ve enzim inaktivasyonu için giderek daha fazla uygulanmaktadır. Bu yöntem temperleme, vakumla kurutma, dondurarak kurutma ve biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu, pişirme ve kavurma gibi bir çok alan da kullanılmaktadır (Soni ve ark., 2020; Behera ve ark., 2004; Varela, ve ark., 2012).

Mikrodalga fırının fiziksel prensipleri oldukça basittir. Mikrodalga fırında magnetron adı verilen elektronik bir tüp, alternatif bir güç alanı üretir. Gıdanın içindeki moleküller, özellikle de polar su molekülleri, aynı zamanda amino asitler, lipitler ve proteinler kendilerini hızla değişen alternatif elektrik alanına göre hizalamaya zorlanırlar (Roehring, 1990, Spiller, 1986, Sukhwant ve ark., 1992). Saniyede 5 milyar defaya kadar meydana gelen elektrik alanının tersine çevrilmesine tepki olarak kendi eksenleri etrafında salınırlar. Bu salınım, ısı oluşumuyla sonuçlanan önemli moleküller arası sürtünme yaratır. Böylece yiyecekler içeriden dışarıya doğru ısıtılır ve mikrodalgalar tarafından doğrudan ısıtılmadıkları için tabaklar ve fırının kendisi soğuk kalır. Isının konveksiyonel olarak dıştan içe doğru aktarıldığı yer yüksek frekanslı radyo dalgalarının farklı uygulamaları arasındaki girişimi önlemek için, yaklaşık 2450 MHz dalga boyuna eşit olan 2450 MHz frekansı kullanılır.



Şekil 1.11. Mikrodalga şematik gösterimi (Koyuncu, 2017).

Mikro dalgaların neden olduğu sürtünme ısısı olgusu, 1946'da manyetik alan tüpüyle yapılan bir deney sırasında tesadüfen keşfedildi. Araştırmacılarından Percy Spencer, ceketinin cebinde taşıdığı bir parça çikolatanın, herhangi bir ısının farkında olmamasına rağmen eridiğini fark etti. Keşif, ABD'de bu ısıtma etkisinden yararlanan mutfak aletlerinin geliştirilmesini tetikledi. 1952 gibi erken bir tarihte, ev kullanımına uyarlanmış bir mikrodalga fırın, Raytheon Company'nin lisansı altında ABD pazarına sunuldu (Koyuncu, 2017).

1.3.1. Kızartma

Yiyeceklerin ısıtılmış yağda pişirilmesi işlemine kızartma denir. Ülkemizde kızartma oldukça yaygın bir beslenme alışkanlığıdır. Özellikle yaz aylarında sebzelerin çoğu kızartılır. Derin yağda kızartma, ev mutfaklarına özgüdür ve aynı zamanda büyük restoranlarda, toplu işletmelerde de bulunur. Ayrıca günümüzde endüstriyel kızartmaların sayısı da oldukça fazladır. Kızartılmış gıdaların kalitesi ve besin değerindeki olumsuz değişikliklerin yanı sıra, uzun süre yüksek sıcaklıkta saklanan yağdaki, yağ asidi moleküllerinin parçalanması da zararlı maddeler oluşturabilmektedir. Kızartma, az yağda ya da derin yağda olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Az yağlı kızartmada yiyeceğin tüm yüzeyi yağla temas etmediği için pişirme süresi daha uzundur. Yağ çok az eklendiği için kolayca yanabilir ve yavaş pişirme hızı nedeniyle yiyeceğe daha fazla yağ girer. Derin yağda kızartmada ise bol miktarda yağın bir tavaya veya fritözün haznesine konulur, istenilen sıcaklığa ulaşıldığında gıda ürünü yağa konulur (Alım, 1978). Derin yağda kızartma, modern fritözlerin ortaya çıkması

sayesinde son yıllarda daha yaygın hale gelmiştir. Kızartma işlemi sırasında katı ve sıvı yağlar defalarca atmosferik oksijene, yüksek sıcaklıklara, maksimum oksidasyona ve termal etkilere maruz kalmaktadır. Hava varlığında ısıtma, dimerlerin ve agregatların veya sıklık türlerin uçucu ürünlere ve yağdaki zincir bölünmesine bağlı olarak oluşan uçucu olmayan oksitlenmiş türevlere kısmi dönüşümüyle sonuçlanır (Önal, 2002).

Kızartılmış besin 3 kısımdan oluşur:

a) Kızarmış kabuk: Yüzeyin su içeriği %3 veya altına düştüğünde çtır bir dış yüzey oluşur.

b) Kabuk cidarı: Kabuğun yüzeyidir. Altın rengi ile kahverengi arasındaki renk değişimi, dış yüzeyde birlikte ısıtılan şeker ve proteinlerin Maillard nedeniyle ortaya çıkar. Ek olarak patates cipslerindeki o-dihidroksifenoller ile demir arasındaki reaksiyon da rengin ağarmasına neden olabilir. Renk değişiminin değişimi, bozulma süresi ve derecesine bağlıdır. Araştırmalar, yumruların erimesinden birkaç hafta önce 30°C'de saklanması şeker miktarının azaltılabileceğini ve böylece istenmeyen renk performansının en aza indirilebileceğini göstermektedir (Walter ve Hoover, 1986).

c) İç kısım: Kızartılan besinin yapısı ve kızartma zamanına bağlı olarak nem ve bir miktar emilmiş yağ içeren pişmiş iç kısımdır.

Yiyecekler kızartılırken yağın kalitesi yiyeceğin kalitesini etkiler. Kızartma yağı, tavuk, et, patates vb. yiyecekler tarafından emilir (Stevenson ve ark., 1984). Bu nedenle kızartılmış yiyeceklerin yağ içeriği çiğ yiyeceklerle göre daha yüksektir. Başka bir araştırmada, kızarmış hamur işlerinin %38, mısır cipslerinin %35, peynir dilimlerinin ise %25 daha fazla yağ içerdiğini belirtmiştir. (Smith ve ark., 1985).

Çizelge 1.9. Bazı yiyeceklerin kızartma sonrası lipid içeriğindeki artış.

Besin	Çiğ	Yağ İçeriği (%) Kızarmış
Patates	0,17	13,5
Tavuk	6,8	21,7
Balık	1,4	17,5

Kızartmanın 3 patates türünün (Katahdin, Chibelleve Rosa) toplam protein, protein dışı nitrojen ve amino asit içeriği üzerindeki etkisi araştırılmış kızartma sonrasında kortikal dokudaki toplam nitrojen miktarının %29-43, protein olmayan nitrojen içeriğinin %20-35, amino asit içeriğinin ise %20-43 oranında azaldığı görülmüştür. Toplamda ise amino asitler %36 oranında azaldığı (Ponnampalam ve ark.,

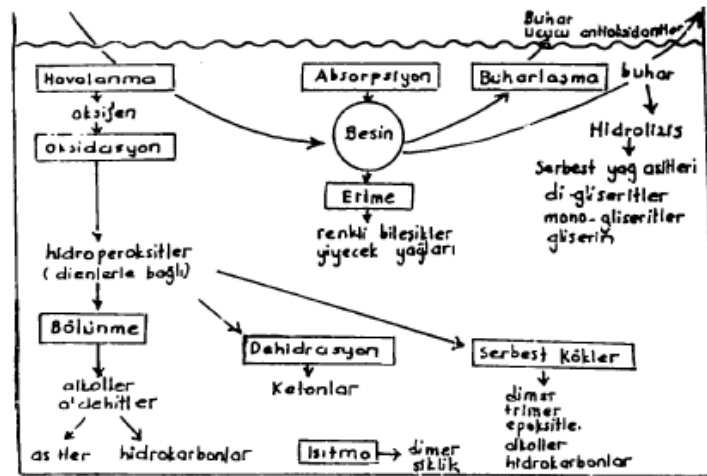
1983) ve amino asit kayıplarının %50-85'e ulaşabileceği görülmüştür (Nielsen ve ark., 1985).

Kızartılmış gıdaların vitamin değerinde düşüş olabilmektedir. Örneğin;, bamyanın 15 dakika kızartılmasıyla C vitaminin %45'i, patatesin 10 dakika kızartılmasıyla %28 - 40'lık bir kaybı olur. Karnabaharda 20 dakikada %25, bezelyede 4 dakikada oran %40'a çıkmaktadır (Harris ve ark., 1973).

İşlem görmemiş bitkisel yağlarda 177°C'de 3-4 dakika kızartılan patateslerin mineral içeriğinin büyük oranda azaldığı görülmüştür (Yıldız, 1981). Her iki bölgede de kalsiyum ve magnezyum azalmasına rağmen, potasyum ve fosfordaki azalmaların kabuk içinde içeriye göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu azalmanın, yüksek sıcaklıkta pişirilen dokudaki hücrelerin parçalanması ve buharın etkisi altında damlayan su yoluyla minerallerin yağlı kısma geçmesi nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir. Kızartma yönteminde fitik asit içeriğinde %50'lik bir azalma bulunmuştur (Sutardi ve Buckle, 1985). Kızartma sırasında yağda meydana gelen kimyasal değişiklikler **Çizelge 1.10.** 'de verilmiştir.

Çizelge 1.10. Kızartma işleminde yağda oluşan kimyasal reaksiyonlar (Alım, 1978).

Zaman	Reaksiyon	Ürünler
Soğutma	Oto oksidasyon	Hidroperoksit ,karbonil
Kızartma (öncesi- sonrası)	Oto oksidasyon, izomerizasyon, Termal polimerizasyon,termal oksidasyon ve piroliz	Ester, alkol, su,yağ asitleri, CO ₂ , H ₂ , Gliserol, trans-izomerler,eter,epoksit, dallanmış yağ asitleri zincirleri
Kızartma sırası	Kızartma öncesi- sonrası reaksiyonları ve hidroliz	Mono-di-gliserit, gliserol, kızartma öncesi ve sonrası ürünler



Şekil 1.12. Derin yağda kızartma sırasında oluşan fiziksel değişiklikler

Yağ kullanıldıkça rengi, berraklığı ve kalıntı miktarı değişecektir. Renk başlangıçta sarı-yeşildir ve beşinci kızartma sırasında koyu kahverengiden siyaha döner. Şeffaflık giderek azalır ve klastlar artmaya başlar (Sağlam, 1977).

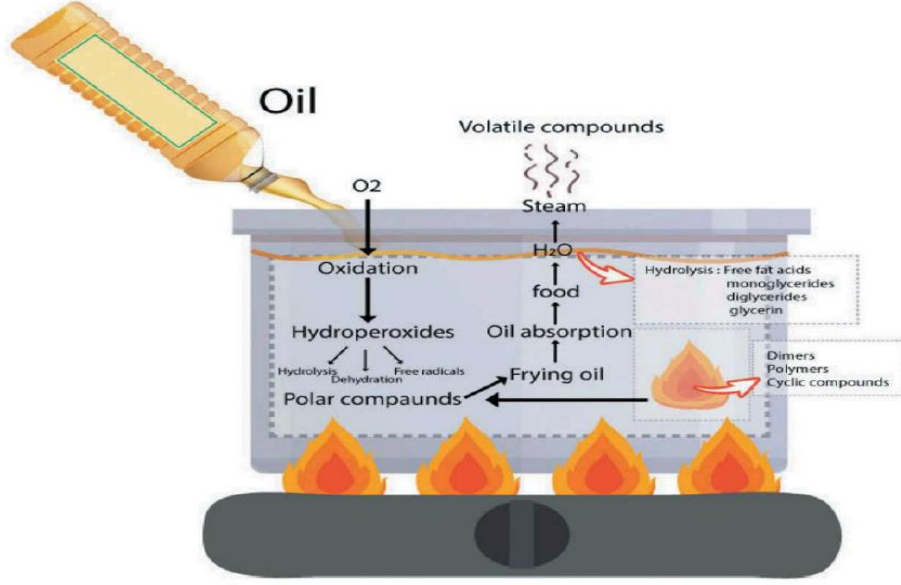
Sabunlaşma değeri ve kırılma indeksi artar, yağın viskozitesi artar, köpük artar, yağ iletim katsayısı ve ara yüzey gerilimi azalır (Severge ve ark., 1981). Ayrıca iyot değerinde ve pH'da azalma, oksiasitlerde ise artış tespit edilmiştir (Kayahan, 1981).

Sıvı ve katı yağların yüksek sıcaklıklarda muhafaza edilmesi karoten ve A vitamininde önemli kayıplara neden olabilir. Kızartma için margarin kullanıldığında karoten içeriğinin ilk 5 dakika içinde %40'ı, 10 dakika sonra ise %60'ı kaybolur (Cabi., 1982). **Çizelge 1.11** gösterildiği gibi yağlarda E vitamini (alfa-tokoferol) kaybı da meydana gelmektedir (Cabi ve ark., 1986).

Çizelge 1.11. Yağlarda E vitamini a - tokoferol kayıpları.

Isı (°C)	Zaman (dk)	Kayıp(%)
160	20	55
177	4	24-34
177	8	41
204	3	96-99

Kızartma, oksidasyon, polimerizasyon ve hidrojenasyonu içeren birçok kimyasal reaksiyonun gerçekleştiği, gıdaların su kaybettiği ve sıvı/yağ emdiği karmaşık bir süreçtir. Genellikle 180 °C olan yüksek kızartma ısısı, kızartılmış gıdaya zengin bir tat veren, reaksiyon aroması adı verilen farklı bir aroma üretir (Mestdagh ve ark., 2008). Patates kızartması ve patates cipsi en çok bilinen ve üzerinde çalışılan kızarmış yiyecek ve atıştırmalıklardır. Kızarmış yiyecek tüketimi, önde gelen ölüm nedenleri olan kardiyovasküler hastalık (Cai ve ark., 2012) ve diyabet (Cahill ve ark., 2014) riskinin artmasıyla ilişkilidir. Yağlı gıdaların yukarıda belirtilen dezavantajlarının bilincinde olan gıda bilimcileri ve üreticiler kızartılmış ürünlerin arzu edilen lezzetini ve dokusunu koruyan az yağlı atıştırmalıklar tasarlamaya, üretmeye ve satın almaya çalışırlar.



Şekil 1.13. Kızartma işlemi

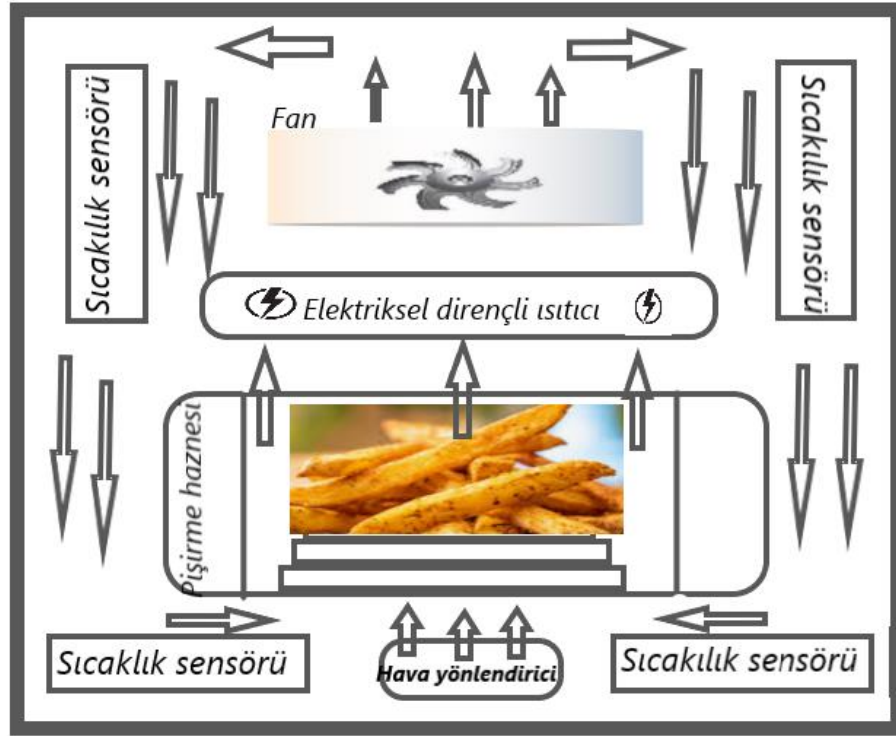
1.3.2. Airfryer

Kızartma, gevrek ve lezzetli gıda ürünleri üreten yaygın bir gıda işleme prosedürüdür. Kızartılmış gıdalarda bir dizi fiziksel ve kimyasal değişiklik meydana gelir, yiyecekler sıcak yağa batırıldığında içinde hızlı ısı ve kütle transferi değişimini gerektiren bir dehidrasyon işlemi oluşur (Pedreschi, 2012). Eşsiz dokusu, tadı ve görünümü nedeniyle kızarmış patates şeritleri dünya çapında yaygın olarak tüketilmektedir (Camire ve ark., 2009). Bununla birlikte, kızartılmış patates çubuklarının sağlıkla ilgili kaygıları öncelikle bunların yüksek yağ içeriği, tehlikeli kimyasal maddelerin oluşumu (örneğin akrilamid) ve nişastanın hızlı sindirimi ile ilişkilidir.

Kızartılmış patates tüketimi ile sağlık sorunları (örn. kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon, diyabet, kanserler ve obezite) arasındaki doğrusal ilişki, bilim adamları ve tüketiciler tarafından iyi bilinmektedir (McGill ve ark., 2013). Ancak artan talepler ve tüketici tercihleri, tüketicilerin bu tür kızarmış yiyecekleri yemekten vazgeçmeyeceklerini gösterir. Bu nedenle, geleneksel kızartma yöntemleri yerine, daha sağlıklı ürünler üretmek için avantajlı olan alternatif bir gıda işleme prosedürüne ihtiyaç duyulmaktadır. Şimdiye kadar hidrokolloid gibi sağlıklı kızarmış ürünler üretmek için çeşitli stratejiler ve işleme yöntemleri ortaya çıkmıştır. Özellikle kızartma işlemi için

icat edilen airfryer diğerk bir ismiyle hava fritözü, son birkaç yılda büyük ilgi görmektedir.

Hava fritözü, sıcak havayı yüksek hızda dolaştırarak çalışmasını sağlayan mekanik bir mutfak aparatıdır. Çalıştığı zaman mekanik fan sıcak hava üretir ve üretilen sıcak hava hızlı bir şekilde gıdanın etrafında hareket etmeye başlayarak yiyeceği kızartır ve çıtır bir tabaka oluşturur (Tewari ve ark., 2015). Sıcak havayla kızartma cihazı tipik olarak beş ayrı parçadan oluşur; ısıtıcı, elektrikli fan, pişirilebilen hazne, hava kanalı ve sıcaklık sensörleri. Isıtıcının üst kısmında bulunan büyük elektrikli fan, pişirme amaçlı hazneden havayı yukarı çekerek kuvvetli bir dikey hareket üretir. Elektrikli ısıtıcının içinden geçenken hava, ısı enerjisiyle doldurularak en az enerji ve hız kaybıyla pişirme odasına doğru hareket eder. Hava, tabandaki hava yönlendiricisi tarafından yönlendirilir, bu da hava akışını dikey yönde yönlendirir ve ısıyı eşit şekilde dağıtır (Arslan ve ark., 2018).



Şekil 1.14. Airfryer'in şematik gösterimi (Arslan ve ark., 2018).

Dondurulmuş parmak patates, yağ damlacıkları ile patatesler arasında homojen teması destekleyen bir kızartma odasında sürekli hareket halinde olan havadaki yağ damlacıklarının harici bir emülsiyonu ile doğrudan temas yoluyla kızartılır (Andrés ve

ark., 2013). Ürünler kurutulur ve tipik kızarmış yiyecek kabuğu yavaş yavaş oluşur. Daha önceki çalışmalar, airfryer parmak pateteslerin yağ içeriğinin, geleneksel olarak kızartılmış şeritlerdekinden önemli ölçüde daha düşük olduğunu ancak duyu özelliklerinin aynı kaldığını göstermiştir (Arafat, 2014).

Shaker (2014); sıcak hava ile kızartma ve yağlı kızartma kıyaslandığında gıdaların koku, lezzet, tekstür, görünüş gibi duyu özellikleri açısından farklılıklar barındırdığını ileri sürmüştür. Duyusal özelliklerin değerlendirilmesinde ufalanma, sertlik, yağlılık, renk ve diğer özellikler açısından havada kızartma yönteminin daha etkili olduğu görülmüştür. Hatta, havada kızartma ile hazırlanan patates cipslerinin, sertlik, gevreklik ve yağlılık gibi özellikler bakımından geleneksel olarak kızartılan patateslerden daha üstün olduğu, daha iyi sertlik ve yağlılık özelliklerinin, kızartmaya kıyasla yağın yutulmasına atfedildiği belirtilmektedir. Havada kızartılan ürünlerde soğuma sırasında kabukta çekme meydana geldiği, derin yağda kızartılan ürünlerde ise bu durumun görülmeyeceği belirlenmiştir. Soğutma sırasında daha yüksek kabuk büzülmesi, havada kızartılmış ürünlerin bir özelliği gibi görünmektedir ve diğer yöntemlerle kızartılmış ürünlerde aynı derecede meydana gelmemektedir. Bu muhtemelen havayla beslenen ürünün soğuması sırasında buharın yoğunlaşmasından kaynaklanmaktadır ve bu da kabukta boşluklar oluşturarak kabuğun kırılmasına neden olmaktadır. Öte yandan, kızartılmış gıdaların kabuğundaki yağın, kabuğun çökmesini en aza indirdiği düşünülmektedir (Teruel ve ark., 2015).

Airfryer yöntemi, sağlıklı kızarmış parmak patetes hazırlamak için daha uygun ve ekonomik bir yöntem olarak düşünülmektedir. Bu yeni teknolojiyle üretilen kızarmış patates dilimlerindeki fizikokimyasal değişikliklere odaklanan çok sayıda yayın (Andrés ve ark, 2013; Arafat, 2014; Teruel ve ark., 2015) bulunmaktadır. Ancak kızarmış patateslerin mikro yapısı ve sindirilebilirlik ile korelasyonları iyi bildirilmemiştir. Geleneksel kızartma ile airfryer arasındaki fark göz önüne alındığında, parmak patetes mikro yapısının oldukça farklı olabileceği ve bu durumun nişastanın sindirilebilirliğini yakından etkileyebileceği düşünülmektedir (Tiana ve ark., Besin yapısı, 2017, 30-35).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Bitkisel Yağlar

Yağlı bitkiler arasında, kaliteli ve yüksek yağ içeriğine sahip (%22-55) ayçiçeği tohumları, yüksek sıcaklığa ihtiyaç duymaması nedeniyle ülkemizin hemen her bölgesinde sulanıp yetiştirilebilmektedir. Yüksek tohum ve yağlı bitki verimi, toprağın derin kökleri, geniş adaptasyon ve kuraklık koşullarında yetiştirilebilir (İlbaş ve ark. 1996).

Bitkisel yağlardan kızartma yağı olarak kullanılan yağlar oleik asit bakımından oldukça zengindir. Bu nedenle çoğunlukla oleik asit içeriği yüksek olan zeytinyağı, kolza yağı, yer fıstığı yağı ve ayçiçek yağı sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yağlar özellikle patates cipsi ve pomfret balığı üretiminde kızartma yağı olarak kullanılmaktadır. Salatalarda ise omega yağ asitleri açısından zengin donmaya karşı korumalı yağlar tercih edilmektedir (Cuesta ve ark. 2001; Kaya 2016; Roche 2001).

Doğal bitkisel yağlarda yağ asitleri genellikle cis formunda bulunur. Yani trans yağ asitlerinin miktarı ihmal edilebilir düzeydedir. Ancak rafine yağlarda bu miktar artabilir ve bu olgunun nedeni rafinasyon prosesi aşamasındaki yüksek sıcaklıktır. İnsan beslenmesinde trans yağ asitlerinin en önemli kaynakları kısmen hidrojene yağlardır (Kayahan, 2002).

Santalla ve Mascheroni (2003) tarafından yapılan çalışmada; yüksek miktarda oleik asit içeren ayçiçeği tohumlarının kalite özelliklerinin (çekirdek yapısı ve yağ asitleri hariç) standart linoleik asit içeren ayçiçeği tohumlarına benzer olduğu belirlenmiştir.

Bitkisel yemeklik yağın kalitesi; içerdiği oleik, linoleik ve linolenik asitlerin oranıyla ilişkilidir (Mohsennia ve Jalilian, 2012). Çalışmalar, yüksek oleik asit içeriğine sahip yağların daha uzun raf ömrüne sahip olduğunu göstermiştir (Petros ve ark., 2009; Barkley ve ark., 2011; Salem ve ark., 2012). Yüksek miktarda oleik asit içeren ayçiçek yağı, diğer yağlara göre daha uzun raf ömrüne sahiptir ve kullanıldığı ürünlerin raf ömrünü uzatarak ekonomik değer kaybını önler.

Presleme veya ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağlarda yağ dışı safsızlıklar bulunmaktadır. Bu safsızlıklar yağın tadını, kalitesini ve kokusunu etkilemektedir. Bu safsızlıklar; reçine, serbest yağ asitleri, aldehit-ketonlar, renk maddeleri, mono ve di gliseritler, metaller ve koku maddeleridir. Bu maddelerin miktarı yağ özelliğine, yağ

bitkisinin bulunduğu bölgeye göre değişebilir. Rafinasyondaki amaç istenmeyen maddelerin uzaklaştırılarak kaliteli ve yüksek TAG içeriğine sahip yağ üretmektir. Rafinasyonda bu safsızlıklar giderilirken tokoferollerin en az zarara uğraması amaçlanmalıdır (Türetkan, 2012).

Mısır yağı 235°C'ye kadar ısıya dayanıklı, yanmaz, oksitlenmeyen bir yağdır. Mısır yağı, gıda sanayinde yaygın olarak kullanılmasına rağmen, makine yağlarında, plastik ve reçine üretiminde, sabun ve kremlerde, bazı pestisitlerde, mürekkep, boya ve tekstilde katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır (Arellano ve ark., 2019).

Laverre ve ark. (2016), EPA ve DHA gibi PUFA'ların ısıtma ve diğer pişirme işlemleri esnasında oksidasyona karşı özellikle duyarlı olduğunu öne sürmüşlerdir. Reaksiyon ısısı, ışık, eser metaller veya enzimler katalizör görevi görerek serbest radikallerin oluşumuna yol açmaktadır.

Serbest radikaller, diğer yeni serbest radikalleri oluşturmak üzere ayrışan hidroperoksitler oluşturmak üzere oksijenle reaksiyona girerek otoksidasyonu yayarlar. Oluşan hidroperoksitler ölçülebilir ve konsantrasyonları oksidasyon derecesini değerlendirmek için kullanılabilir (Zuta ve ark. 2007).

Choe ve Min (2006), oksijenin yağlarla, özellikle yağ asidi veya açilgliserol molekülleriyle etkileşime girmesiyle yağ oksidasyonunun meydana geldiğini ve ısının varlığının yağ oksidasyonuna yol açabileceğini belirtmişlerdir. Oksidasyon reaksiyonlarının oluşması oksijen faktörünün yanı sıra yağın stabilitesi, yağ asidi bileşimi, kızartma sırasındaki sıcaklık gibi birçok faktöre de bağlıdır.

Tokoferollerin ve tokotrienollerin antioksidan aktivitesinin anlaşılması mümkün değildir. Bu aktivite esas olarak substrat olarak kullanılan yağların konsantrasyonu, türü ve değerlendirilmesi farklı yöntemlerden etkilenebilir (Yoshida ve ark. 1993). Bitkisel yağlar az miktarda tokoferol içerdiğinden tokoferoller doymamış yağlardır. Asidik trigliseritlerin oksidasyonunu engelleme küçük derecede etkilidir. E vitamini aktivitesi tokoferol tarafından sağlanmaktadır (Chow, 1985). Pişirme ve kızartma gibi işlemler sırasında, oksitlenmiş tokoferollerin kaybı ve doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu nedeniyle E vitamini aktivitesin de azalma görülmüştür (Fillion ve Henry 1998).

Guna ve ark. (2006), ayçiçeği, pamuk, keten, kolza tohumu, hintyağı ve susam bitkisinin yapılarında bulunan trigliseritleri değiştirerek reçineler üretmiş ve kompozit üretmek için polimerizasyon yöntemlerini kullanmışlardır. Deneysel sonuçlar, ürettikleri kompozit malzemelerin gelişmiş ısı direncine, elastik özelliklere, hava

geçirgenliğine, elektrik iletkenliğine ve alev geciktiriciliğe, kimyasal dirence ve metal malzemelerle bağlanma özelliklerine sahip olduğunu göstermektedir.

2.2. Pişirme Yöntemleri

Pişirme, yemeğin belirli bir süre ısıtılması lezzet ve tat gibi duyuşal işlevselliği geliştirerek, rengi, şekli ve yapıyı değiştirerek sindirilebilirliği arttırarak ideal ve yenilebilir hale getirir. Ayrıca pişirme enzimler ve patojenik mikroorganizmaları etkisiz hale getirerek ve su aktivitesini azaltarak gıdanın raf ömrünü uzatmaya neden olur (Garcia-Arias ve ark., 2003).

Genel olarak pişirme yöntemleri üç kategoriye ayrılır. Bunlardan kuru ısıtma yöntemleri, gıdayı sıcak hava veya yağ ile ısıtır. Nemli ısıda pişirme yönteminde, yiyecekler genellikle su, et suyu veya buharla pişirilir. Pişirme (kaynatma, buğulama, buharda pişirme) ve kombinasyon pişirme yöntemleri (kaynatma, buharda pişirme) kuru ve ıslak yöntemleri birleştiren bir ısıtma yöntemidir olarak kullanılır (Moradi ve ark., 2011). Pişirme sırasında kimyasal ve fiziksel reaksiyonlar meydana gelerek denatürasyon nedeniyle proteinlerin sindirilebilirliği artarken ısıya dayanıklı bileşiklerin ve çoklu doymamış yağ asitlerinin içeriği genellikle azalmaktadır (Finot, 1997).

Isıl işlem, gıda üretiminde gıdaların raf ömrünü uzatmak veya yeni ürünler üretmek amacıyla yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Isıl işlem yoluyla, gıdanın depolama stabilitesi, fiziksel ve beslenme özellikleri gibi kalite parametrelerini değiştiren bir dizi karmaşık reaksiyon (Maillard reaksiyonu vb.) meydana gelir. Gıdalara uygulanan pişirme işleminin türü ve sıcaklık-zaman parametreleri, son ürünün pişirme kalitesini ve fiziksel özelliklerini büyük miktarda etkilemektedir. Yiyecekler daha elverişli yöntemlerle yeterince pişirilirse renk ve doku en iyi düzeyde tutulabilir. Buna karşılık düşük sıcaklıkta tam olarak pişmeyen veya gereğinden az ısı uygulanan ürünlerde ise renginin daha açık olduğu veya yüzeyde hafif yumuşadığı, ortasındaki nişastanın kısmen jelleştiği gözlenmiştir. Aşırı pişirme, üründe besin kayıplarına yol açmak ve istenmeyen fiziksel özelliklerinden dolayı ürünün tüketilebilirliğini olumsuz etkilemektedir (Choe ve Min , 2007).

Faller ve Fiahlo (2009); haşlama, mikrodalgada pişirme, basınçlı pişirme, ızgara, fırında pişirme, buharda pişirme, havada kızartma ve derin kızartma gibi pişirme yöntemlerinin gıdaların dokusal özelliklerinde ve kimyasal bileşiminde değişikliklere neden olabileceğini belirtmişlerdir. İşlem sırasında vitaminlerin, antioksidan bileşiklerin

kaybı veya suda çözünen maddelerin sızması, nihai ürünün besin değerini büyük ölçüde etkiler.

Bitkisel yağlar; hidrokarbonlar, steroller, tokoferoller, polifenoller, renkli bileşikler ve eser metaller gibi farklı eser bileşenleri içerir. Bileşenlerin bir kısmı arasında örneğin tokoferoller ve tokotrienoller (özellikle gama-tokoferol), fosfolipidler (100 mg/kg'dan az), kızartma sırasında gıdaya salındığı ve raf ömrünün artmasına yardımcı olduğu görülmüştür (Kochar, 2001).

Kızartma yağları genellikle büyük miktarlarda oleik asit ve linoleik asit içerir. Bu doymamış yağ asitleri, kızartma sırasında yüksek sıcaklıklarda oluşan kimyasal reaksiyonlar için üretken ortam sağlar (Stevenson ve ark. 1984).

2.2.1. Kızartma

Literatürde kızartma, genel olarak gıdanın 150°C -190°C arasındaki sıcaklıktaki yağa batırılarak gıdanın kısa sürede pişmesini ve istenilen renk, doku ve lezzete ulaşmasını sağlama işlemi olarak tanımlanmaktadır (Türkay 2009). Kızartma yağı, kızartma işlemi sırasında ısı transfer ortamı görevi görür ve aynı zamanda kızartılmış ürünlerin içeriğini de oluşturur. Kızartma sırasında yağdan yiyeceğe ısı transferi meydana gelirken pişirme sırasında gıdanın içindeki su buharlaşır ve oluşan kanallardan yağ gıdaya geçer (Ghazali ve ark., 2007).

Devseren'e (2016) göre kızartma işlemi çoğunlukla derin ve sıg yağda kızartma olmak üzere iki türden oluşmaktadır. Derin yağda kızartma işlemi sırasında gıdanın yüzeyi tamamen yağla kaplandığından ısı transferi her noktada aynı ve eşit bir şekilde kızartır. Kızartma sonrası elde edilen ürünün kalitesi istenilen renk, doku ve lezzet özellikleri açısından daha yüksek olduğundan derin yağda kızartma sıg kızartmaya göre daha çok tercih edilmektedir.

Andricopoulos ve ark. (2002), sıg yağda (tavada) kızartmada hava temas alanı derin yağda kızartma işlemine kıyasla daha yüksek olması nedeniyle yağın yapısındaki antioksidanlar başta olmak üzere tüm bileşenlerin daha fazla oksidasyona maruz kalacağını belirtmiştir.

Çağdaş ve ark. (2011), kızartma sırasında kızgın yağ ile gıdanın doğrudan temasının, fırında veya buharda pişirme yöntemlerine göre daha verimli hale getirdiğini belirtmektedir. Gıdanın boyut, yoğunluk, şekil, yüzey alanı ve hacim gibi geometrik özellikleri, kızartma sırasında gözlenen farklılıklara yol açabilmektedir. Nem ve yağ içeriğindeki değişiklikler nedeniyle sıcaklık ve termal özellikler değişir. Konvektif ısı

transfer katsayısı; yağın sıcaklığına ve meydana gelen ayrışmaya göre değiştiği gibi, kabarcık oluşumu da ürünün üst ve alt yüzeyleri arasında farklılıklara neden olabilir. Gözenek yapısındaki değişiklikler, malzemenin kızartma süresi, sıcaklığı ve başlangıçtaki nem içeriği gibi özelliklerinin yanı sıra su yayılımını ve yağ emilimini de etkileyebilir.

Derin yağda kızartma ve mikrodalga ısıtma işlem sırasında yağın PV, FFA ve yağ asidi dağılımı önemli ölçüde değiştiği görülmüştür. Bu değişikliklere havadaki oksijen ve gıdanın yapısındaki su neden olduğu belirlenmiştir (O'Brien, 1998; Önal ve Elgin, 2002).

Derin yağ ile kızartma işlemi kullanılarak pişirilen ürünün kalitesi. Kızdırılan yağın sıcaklığı, kızartma süresi, yağın miktarı, yağın türü, kullanılan yiyeceğin türü, yiyeceğin miktarı ve şekli gibi birçok durumlara bağlıdır (Varela 1994). Kızartılmış yiyeceğin kalitesi yalnızca yiyeceğin türüne ve kızartma koşullarına değil, aynı zamanda kızartma için kullanılan yağa da bağlıdır. Yağın yüksek sıcaklıklarda stabil olması ve yağdaki serbest asitlerin oksidasyonu sonucu oluşan ekşimeye karşı dayanıklı olması gerekmektedir (Anonim, 2012). Bu nedenle, kızartma sırasında bozunma derecesi düşük olan ve dolayısıyla yüksek kaliteli kızarmış yiyecekler elde eden, iyi ve stabil bir kızartma yağının seçilmesi önemlidir (Ruiz-Mendez ve Dobarganes 2011).

Kızartma esnasında ortaya çıkan reaksiyonlar nedeniyle yağda birçok fiziksel ve kimyasal değişiklik meydana gelir. Bunlara, su ile hidroliz, oksijen ve ısıнын neden olduğu oksidasyon, termal bozulma ve bu reaksiyonlardan kaynaklanan polimerizasyon örnek verilebilir. Bu reaksiyonlardan sonra birçok uçucu bozunma ürünleri (aldehitler, ketonlar, alkoller, asitler, esterler, hidrokarbonlar ve aromatik bileşikler) ve uçucu olmayan bozunma ürünleri açığa çıkmaktadır. (Ryan ve ark., 2007).

Rossi ve ark., (2007), kızarmış patateslerde doymamış yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerine oranı daha yüksek olan zeytin ve ayçiçek yağlarını kullanmışlardır. yüksek miktarda linoleik (C18:2) asit içeren ayçiçek yağının kızartma sırasında daha hızlı parçalandığını bildirmiştir. Bunun açıklaması oleik (C18:1) asitte meydana gelen oksidasyon hızının linoleik (C18:2) asitten çok daha düşük olması olsa da yağın oksidatif stabilitesinin tokoferol - tokotrienollerin içeriğinin, türünün ve bunların yağ asidi bileşiminin (özellikle çoklu doymamış yağ asidi profili) en önemli etkisi olduğu belirtilmiştir.

Yağın oksijen varlığında ısıtılması, gereksiz karıştırma ve havayla temasın artması, yağın kızartma aktif metal yüzeylerle teması ve aşırı ısınma, kızartmayı

olumsuz etkilerken, kızartma sırasında oluşan buhar da ortamdan uçucu maddeleri uzaklaştırır. Eksik yağın yerine yağ eklenmesi, kızartma üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Alım, 1978).

2.2.2. Airfryer

Ayarlanabilir sıcaklık ve zamanlayıcı işlevlerine sahip cihazlar olarak da bilinen airfryer, gıda ile yağ damlacıkları arasında sıcak havayı ürünün çevresinde dolaştırarak daha yumuşak ve eşit şekilde pişmesine olanak tanır. Bu yöntemle yemek pişirirken genel olarak %80 daha az yağ kullanılabileceği söylenir. Hava fritöz teknolojisi, yiyecekleri kızartmak ve pişirmek için sıcak havayı kullanan ve böylece kızartılmış ürünlerin yağlılığını azaltan "hızlı hava teknolojisine" dayanmaktadır (Tewari ve ark. 2015).

Shaker (2014), tarafından yapılan bir araştırmada; hava fritözlü (airfryer) kızartma teknolojisinin, (derin-sıg) yağda kızartmaya göre tat, koku, görünüm gibi fiziksel özellikleri açısından büyük bir farklılık olmadığını ve duyuşal değerdendirme sertlik, yağlılık, renk gibi özellikler açısından havalı fritözde kızartma yönteminin tercih edildiğı vurgulanmıştır. Ayrıca hava fritözde kızartma ile hazırlanan patates cipslerinin, sertlik ve yağlılık açısından geleneksel derin yağda hazırlanan patates kızartmasına göre üstün olduğı ve daha düşük yağ emme özelliğine sahip olduğı iddia edilmektedir.

Teruel ve ark, (2015), airfryer kızartma ile elde edilen ürünün renginin, derin kızartma işlemi sonunda elde edilen ürünün karakteristik rengine ulaşabildiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, airfryer kızartmanın, derin kızartmadan daha fazla işlem süresi gerektirdiğini söylenmektedir. İnsanların zamanlarının çoğunu evlerinden uzakta geçirmelerini içeren mevcut yaşam biçimi göz önüne alındığında bu durum göreceli bir dezavantaj olarak ifade edilebilir.

Teruel ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada geleneksel yöntemle kızartılmış numunelerin aksine, airfryer ile kızartılmış numunelerin daha fazla genişlediğini ve merkezi alanda düzenli bir gözenek dağılımına sahip olduğı söylenmiştir. Airfryer ile kızartılan ürünlerde, ürünün soğuma işlemi sırasında büzölme olurken derin yağda kızartılmış ürünlerde meydana gelmemiştir. Soğutma sırasında daha yüksek kabuk büzölmesi havada kızartılmış ürünlerin bir özelliğı gibi görünmektedir. Bunun nedeni, havayla kızartılmış ürünün soğutma işlemi sırasında kabukta boşluklar oluşturan ve çökmesine neden olan buharın yoğunlaşmasıdır. Buna

karşılık, kızartılmış gıdanın kabuğunda bulunan yağın, çökmesini en aza indirdiği düşünülmektedir

Airfryer kızartma ekipmanları önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlamaktadır. Hava fritözlü kızartma yönteminde, geleneksel yöntemde kızartılan ürünlerin özelliklerini kazandırdığı için ve ekstra olarak yağ kullanımını en aza indirdiği için kısmen daha sağlıklı bir kızartma yöntemi olarak kullanılabilir olduğu söylenebilir (Giovanelli 2017; Tian ve ark, 2017; Liu ve ark., 2022).

Heredia ve ark. (2014), sıcak havayla kızartma sırasında renk değerinde hafif bir artış olduğunu bildirmiştir. Bu da airfryer yönteminin patates kızartmasındaki akrilamid içeriğini büyük miktarda düşüğünü göstermektedir. Diğer bir çalışmada, airfryerda kızartılmış patates cipslerinde derin yağda kızartmaya kıyasla akrilamid oluşumunda önemli farklılıklar bulunmuştur. Akrilamid miktarı, airfryerda kızartılan üründe 163,1 ng/g , derin yağda kızartılan üründe ise 1384,79 ng/g olarak belirlenmiştir. Bu farklılık, yağ içeriği ve oksijen gibi alternatif faktörlere bağlanmaktadır (Haddarah ve ark, 2021).

2.3. Tezin Amacı

Yapılan bu tez çalışmasında; airfryer ve derin kızartma pişirme teknikleri kullanılarak ayçiçek ve mısır yağlarının tuzluluk, pişirme süresi ve sıcaklığına bağlı olarak fiziko-kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin tespiti amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda hem airfryer hem de derin kızartma teknikleri ile aynı yağlar patates içermeden ve dondurulmuş parmak patatesler kullanılarak pişirilme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Pişirme sonunda kalan yağların fiziko-kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin tespiti amacıyla; serbest yağ asidi (FFA), peroksit sayısı (PV), konjuge dien ve trien (özgül abs.), tokoferol, yağ asit kompozisyonu analizleri gerçekleştirilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Kimyasal Maddeler

Bu tez çalışmasında kullanılan dondurulmuş patates, ayçiçek ve mısır yağı Konya'da faaliyet gösteren çeşitli marketlerden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan bütün kimyasal maddeler, standartlar ve çözücüler, kullanım özelliklerine göre kromatografik veya analitik saflıkta olup, Merck, Fluka, Sigma-Aldrich, Supelco ve Labsan firmalarından temin edilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan kimyasal maddeler.

FFA, PV, ve Özgül AbsorbansTayinleri	
Etanol	Nişasta
Fenolftalein	Sodyum tiyosülfat
Sodyum hidroksit	Potasyum iyodür
Karbon tetraklorür	Asetik asit
Kloroform	Sülfirik asit
İzooktan	Cıva II asetat
Yağ Asit Kompozisyonu Tayini	
Hekzan	Sodyum sülfat
Potasyum hidroksit	Metanol
Tokoferol Tayini	
Hekzan	Aseton nitril
Metanol	

Çizelge 3.2. Kromatografik ayırmalarda kullanılan kolonlar.

Yağ Asit Kompozisyonu Tayini (GC-FID ; GC-MS)
HP-88
(100 m, 0.25 mm, 0.25 µm)
(88%-Cyanopropyl)-methylarylpolysiloxane
Tokoferol Tayini (HPLC)
HICHROM
S50DS2-H6845

3.2. Kullanılan Cihazlar

Airfryer ve derin yağda kızartma işlemlerinde kullanılan ayçiçek ve mısır yağlarının üzerinde yapılan tüm analizlerde kullanılan cihazların marka ve modelleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Deneylerde kullanılan cihazlar.

Cihaz	Marka
Analitik Terazî	Radwag
Manyetik Karıştırıcı	Isotex
HPLC	Agilent 1220 Series
GC	Agilent 8860 Series
Airfryer	Xiaomi Mi Smart Air Fryer 3,5 L
UV-Vis Spektrofotometre	Shimatzu 1800

3.3. Yağ Örneklerinin Hazırlanması

Ayçiçek ve mısır yağı kullanılarak gerçekleştirilen pişirme işlemlerinde Design Expert programı kullanılarak sıcaklık, süre ve tuzluluk deney parametreleri belirlenerek kemometrik dizayn yapılmıştır. Kemometrik dizayn kullanılarak belirlenen 21 farklı pişirme işlemi yapılmış ve pişirme sonunda kalan yağ üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Belirlenen kemometrik dizayn faktörleri ve parametreleri **Çizelge 3.4** ve **Çizelge 3.5**'de verilmiştir. Hem derin kızartma hem de airfryer pişirme işlemlerinde aynı faktörler ve parametreler kullanılmıştır.

Patatessiz kızartma işlemleri için derin kızartma ve airfryer kaplarına 10 gr yağ alınmış ve üzerine belirlenen tuzluluk parametreleri dikkate alınarak yemek tuzu ilave edilmiştir. Kızartma işlemi sonunda kalan yağ numuneleri +4°C'de karanlıkta analizler yapılncaya kadar ağzları kapatılmış şekilde buzdolabında saklanmıştır.

Papatesli kızartma işlemlerinde ise 250 gr parmak patates alınarak derin yağ kızartmalarında 50 gr yağ, airfryer kızartmalarda ise 10 gr yağ üzerine belirlenen tuzluluk parametreleri dikkate alınarak yemek tuzu ilave edilmiştir. Yağı, tuzu ve patatesi ilave edilmiş olan karışım kızartma kabına alınarak kızartma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kızartma işlemleri sonunda parmak patatesler üzerindeki yağlar 250 mL petrol eteri ile ekstrakte edilmiş ve çözücülerini vakum altında 30°C'de uzaklaştırılmıştır. Çözücüsü uzaklaştırılan yağ numuneleri +4°C'de karanlıkta analizler yapılncaya kadar ağzları kapatılmış şekilde buzdolabında saklanmıştır.

Çizelge 3.4. Kemomertik Faktörler.

Faktörler	-1.68	-1	0	+1	+1.68
Sıcaklık (°C)	163,182	170	180	190	196,818
Süre (dk)	11,591	15	20	25	28,409
Tuzluluk (mg)	31,8207	100	200	300	368,179

Çizelge 3.5. Kemomertik dizayn parametreleri.

	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
Run	A:Sıcaklık	B:Süre	C:Tuzluluk
	C	min	mg
1	180	11,591	200
2	190	15	300
3	180	20	200
4	190	25	300
5	180	20	200
6	180	20	200
7	180	20	200
8	170	15	100
9	180	20	200
10	163,182	20	200
11	170	15	300
12	180	20	200
13	190	25	100
14	180	20	31,8207
15	170	20	300
16	196,818	20	200
17	180	20	200
18	180	28,409	200
19	190	15	100
20	180	20	368,179
21	170	25	100

3.4. Kızartma İşlemleri

Derin kapta kızartma işlemleri için 10 cm derinlik 15 cm çapa sahip yuvarlak kızartma tenceresi kullanılmıştır. Isıtma termostatlı ısıtıcıda ve sıcaklık kontrolü dijital

olarak termocable ile takip edilmiştir. Bu nedenle ısıtma kontrollü olarak gerçekleştirilmiş ve belirlenen parametrelerin üzerine çıkılmamış ve altına inilmemiştir.

Airfryer ile pişirme işlemleri Xiaomi Mi Smart Air Fryer cihazında yapılmıştır. Cihazın kendine ait kabın içinde gerçekleştirilen kızartmalarda süre ve sıcaklık kontrolü manuel olarak ayarlanmıştır. Uzun süreli kızartmalarda cihaz uyarı vermiş ve gerekli sallama işlemleri yapılmıştır.

3.4. Yağ Numuneleri Üzerinde Gerçekleştirilen Analizler

2 farklı pişirme tekniği ve 21 farklı koşulda (sıcaklık, süre ve tuz miktarı) kızartılan ayçiçek ve mısır yağları üzerinde fiziksel ve kimyasal analizleri, standart yöntemler ve literatür tespit edilen yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Yapılan analizler ve yöntemleri aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

3.4.1. Serbest yağ asidi (%FFA) tayini

Yağlardaki serbest yağ asitlerinin (FFA) belirlenmesinde resmi metot olan AOCS metodu kullanılmıştır (AOCS, 1989). Elde edilen sonuçlar %FFA olarak verilmiştir. Hesaplamalarda oleik asit dikkate alınmıştır.

Kızartma sonunda kalan yağ numunelerinden 1 g yağ hassas bir şekilde tartılmış, üzerine 15 mL etilalkol ilave edilmiştir. Bu karışım üzerine renk değişimini gözlemleyebilmek için 2-3 damla %1'lik fenolftalein indikatöründen damlatılmıştır. Daha sonra karışım şeffaftan pembeye dönene kadar 0.1 N NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Kullanılan NaOH hacmi dikkate alınarak aşağıdaki formülden yağ numunesinde bulunan % FFA miktarı hesaplanmıştır.

$$\%FFA = \frac{V \times N \times M}{G \times 10}$$

V: Titrasyonda harcanan NaOH miktarı

N: Titrasyonda harcanan NaOH normalitesi (0.01)

M: Oleik asit molekül kütlesi (282)

G: Numune kütlesi (g)

3.4.2. Peroksit sayısı (PV) tayini

Yağ numunelerinde peroksit sayısı (PV), 1 kg yağdaki meq O₂ olarak tanımlanır ve hidroperoksit içeriğinin bir ölçüsüdür. Yağ peroksitleri aracılığıyla KI'den serbest bırakılan iyodürün ölçüldüğü iyodometrik titrasyona dayanır (AOCS, 1998). Titrasyonun doğruluğu, reaksiyon karışımının ışıktan, atmosferik oksijenden vb. korunması gibi deneysel faktörlere bağlıdır.

Kızartma sonunda kalan yağ numunelerinden 2 g yağ hassas bir şekilde tartılmış, üzerine 10 mL kloroform, 15 ml asetik asit ve 0.5 ml doymuş KI çözeltisi ilave edilerek kuvvetlice çalkalanmıştır. Elde edilen karışımın ağzı mantar tıpa ile kapatılarak karanlıkta 3-4 dk beklemeye bırakılmıştır. Bu süre sonunda karışım üzerine 50 mL su ve renk değişimini gözlemleyebilmek için 3 damla %1'lik nişasta çözeltisi damlatılmıştır. Daha sonra karışım şeffaf renge dönene kadar ayarlı 0.002 N Na₂S₂O₃ çözeltisi ile titre edilmiştir. Kullanılan Na₂S₂O₃ hacmi dikkate alınarak aşağıdaki formülünden yağ numunesinde bulunan peroksit miktarı hesaplanmıştır.

$$PV = \frac{N \times V \times 1000}{G} \text{ meq O}_2/\text{kg yağ}$$

V: titrasyonda harcanan Na₂S₂O₃ miktarı (mL)

N: titrasyonda kullanılan Na₂S₂O₃ normalitesi (0,002)

G: numune kütlesi (g)

3.4.3. Konjuge dien ve trien (özgül absorbans) tayini

Yağlarda bulunan birincil ve ikincil oksidasyon ürünlerinin tayini için kızartma sonunda elde yağların UV-Vis spektroskopide spektrum taramaları gerçekleştirilmiştir.

Kızartma sonunda kalan yağ numunelerinden 0,1 g yağ hassas bir şekilde tartılmış, üzerine 10 mL izo oktan ilave edilerek kuvvetlice çalkalanmıştır. Elde edilen karışım daha önce izo oktan ile sıfırlanmış olan UV-Vis spektrofotometrede spektrum taramasına tabi tutulmuştur. Tarama sonunda 232 nm ve 269 nm dalga boylarında elde edilen absorbans sonuçları dikkate alınmıştır.

3.4.4. Yağ asit kompozisyonu analizleri

Gaz kromatografisi (GC) tekniği kullanılarak yapılan yağ asidi kompozisyon analizinde, trigliserit yapısına sahip uçucu olmayan yağ numuneleri, uçuculuklarını arttırmak ve polaritelerini azaltmak için analizden önce türevlendirilir ve metil esterleri

formuna dönüştürülür. Ester formuna dönüştürülen yağ numuneleri GC ile analiz edilirler. Yağ asit kompozisyonu analizleri Agilent 7890 gaz kromatografisi kullanılarak, HP-88 kolonu üzerinde **Çizelge 3.6**'de verilen parametreler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hareketli faz olarak hidrojen gazı kullanılmıştır (Topkafa 2013).

Çizelge 3.6. GC analizleri için parametreler.

Enjektör (°C)	Detektör (°C)	Akış Hızı (mL/dk)	Fırın Programı		
			°C/dk	°C	dk
250	250	1,3		50	0
			7	170	0
			5	240	10

3.4.5. Tokoferol Analizleri

Kızartma sonunda elde edilen yağlarındaki toplam tokoferol içeriğini belirlemek için tokoferol analizleri Agilent 1220 HPLC sisteminde C18 kolonu üzerinde gerçekleştirilmiştir. HPLC'de gerçekleştirilen analizler için 0,1 gram yağ numunesi hassas bir şekilde tartılmış ve üzerine 1 ml hekzan ilave edilerek kuvvetlice çalkalanmıştır. Elde edilen çözelti ön işleme tabi tutulmadan enjekte edilmiştir. Kullanılan HPLC metoduna ait parametreler **Çizelge 3.7**'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. HPLC analizleri için parametreler.

Süre (dk)	ACN-Metanol (1:1) (%)	Su (%)	Akış hızı (mL/dk)	Uv (nm)
0	75	25	1,25	292
15	100	0	1,25	292
16	100	0	1,25	292
17	75	25	1,25	292
20	75	25	1,25	292

Kromatografik analizlerde standart olarak α , β , γ ve δ tokoferol standartları kullanılmış ve kalibrasyon grafiği çizilerek yağlardaki tokoferol içerikleri tespit edilmiştir. C18 kolonda β ve γ tokoferol tam ayırlamadığından ikisinin toplam miktarı tespit edilmiştir. Yağlarda bulunan tokoferoller yardımıyla toplam tokoferol miktarları bulunarak sonuç ve tartışmalarda kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yaygın pişirme yöntemleri arasında yer alan kızartma işlemi, gıda ürününün sıcak yağa daldırılma ve bekletilmesi işlemidir. Kızartma işleminin en yaygın ve eski tekniği derin yağda kızartmadır. Bununla birlikte son yıllarda oldukça popüler olan airfryer de kızartma işlemi için tercih edilmektedir. Bu yöntem sıcak havanın pişirme haznesinde dolaştırılması sayesinde çalışır. Derin yağda kızartma işlemine göre minimum sürede ve az yağ ile işlemi sonuçlandırdığı için tüketiciler, airfryer ile kızartma yöntemini çok yaygın olarak tercih etmeye başlamışlardır. Ancak yapılan araştırmalar sonucunda airfryer'in olumlu özelliklerinin yanı sıra sıcak havanın gıda ürünlerinde oksidasyona sebep olduğu görülmüştür. Bu nedenle; gerçekleştirilen bu tez çalışmasında; airfryer ve derin yağda kızartma pişirme teknikleri kullanılarak ayçiçek ve mısır yağlarının tuzluluk, pişirme süresi ve sıcaklığına bağlı olarak fiziko-kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişiklerin tespiti ilk defa yapılmıştır. Yağlarda meydana gelen değişimlerin tespiti için patates içermeyen ve dondurulmuş parmak patatesler kullanılarak pişirilme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Pişirme sonunda kalan yağların fiziko-kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin tespiti amacıyla; serbest yağ asidi (FFA), peroksit sayısı (PV), konjuge dien ve trien (özgül abs.), tokoferol, yağ asit kompozisyonu analizleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar detaylı olarak aşağıda verilmiştir.

4.1. Ayçiçek Yağında Yapılan Kızartmalar

4.1.1. Gıda Maddesi Olmadan Yapılan Airfryer Kızartma Denemesi

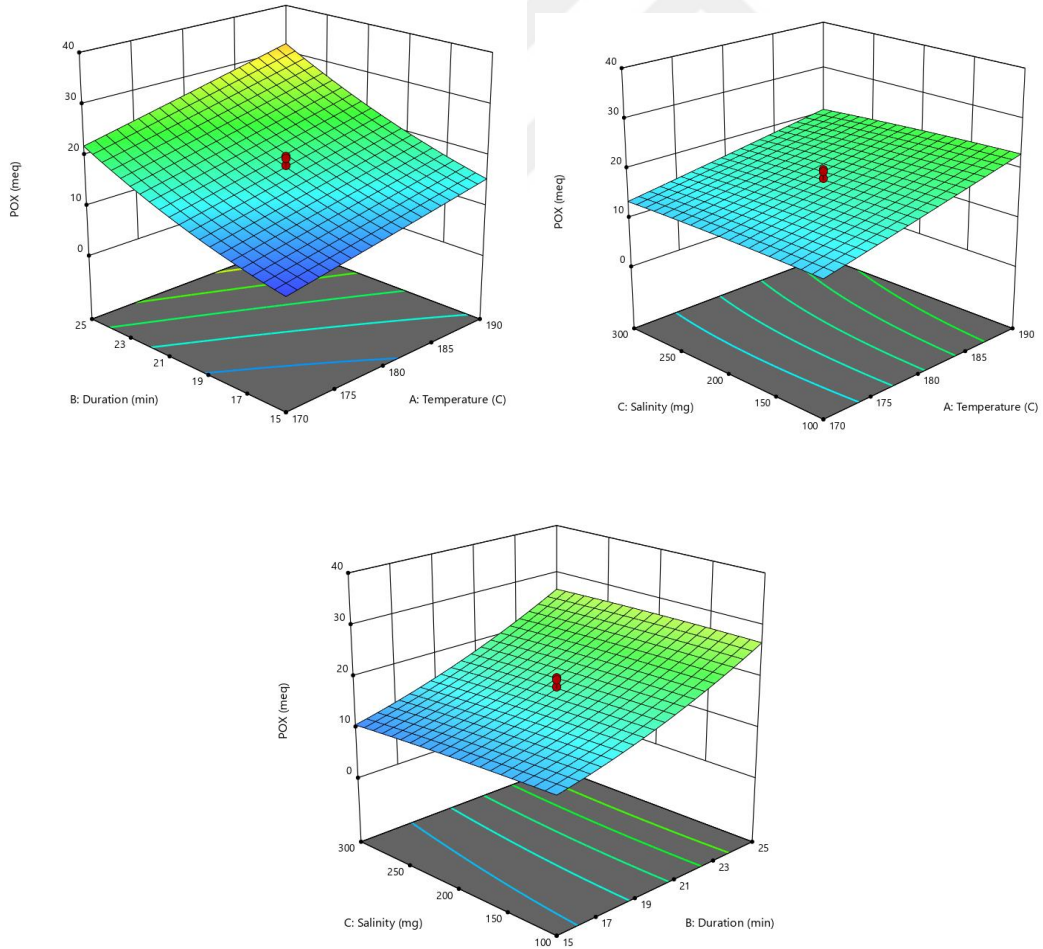
Parmak patates kullanmadan sadece ayçiçek yağı kullanılarak yapılan airfryer kızartma işlemlerinde 10 gr yağ kullanılmıştır. Yapılan kızartma işlemlerinde kullanılan deneysel parametreler ve elde edilen analiz sonuçları **Çizelge 4.1** 'de verilmiştir. Bu parametreler kullanılarak yapılan kızartma işlemleri sonunda elde edilen yağ numuneleri üzerinde yapılan %FFA, PV, özgül absorban (232 nm ve 269 nm), toplam tokoferol ve toplam trans izomer analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerden elde edilen sonuçlar yapılan merkezi kompozit tasarımda cevap değeri olarak kullanılmış ve üç boyutlu grafikler çizilmiştir.

Çizelge 4.1. Ayçiçek yağında gıda maddesi olmadan yapılan airfryer kızartma işlemi; kemomertik dizayn parametreleri ve sonuçları.

Run	A:Sıcaklık (°C)	B: Süre (dk)	C: Tuzluluk (mg)	FFA (%)	PV (meq O ₂ /kg)	232 nm	269 nm	Toplam Tokoferol (mg/kg)	Toplam trans (%)
1	180	11,591	200	0,42	8,40	3,33	1,41	245,76	0,81
2	190	15	300	0,28	11,60	3,68	1,43	163,63	0,19
3	180	20	200	0,28	16,80	3,77	1,35	63,74	0,25
4	190	25	300	0,25	30,40	3,76	1,38	76,63	0,31
5	180	20	200	0,28	20,00	3,79	1,36	43,78	0,10
6	180	20	200	0,28	18,22	3,79	1,37	97,06	0,98
7	180	20	200	0,37	15,88	3,64	1,33	57,48	0,95
8	170	15	100	0,42	7,82	2,95	1,30	261,72	0,16
9	180	20	200	0,25	17,40	3,68	1,35	75,53	0,25
10	163,182	20	200	0,28	12,06	3,47	1,34	208,27	0,51
11	170	15	300	0,39	8,22	3,31	1,42	269,73	0,12
12	180	20	200	0,31	17,20	3,75	1,46	45,73	0,48
13	190	25	100	0,31	30,80	3,88	1,35	54,63	0,95
14	180	20	31,8207	0,23	16,40	3,62	1,32	130,95	0,95
15	170	25	300	0,28	18,22	3,76	1,34	109,35	0,64
16	196,818	20	200	0,25	25,60	3,79	1,58	29,27	0,57
17	180	20	200	0,31	19,60	3,79	1,56	32,05	0,22
18	180	28,409	200	0,31	37,26	3,80	1,07	54,15	0,74
19	190	15	100	0,25	19,82	3,71	1,41	101,08	0,85
20	180	20	368,179	0,25	19,60	3,76	1,43	59,06	0,78
21	170	25	100	0,31	22,40	3,75	1,44	20,42	0,93
AYÇİÇEK				0,06	3,57	1,99	1,35	316,57	0,05

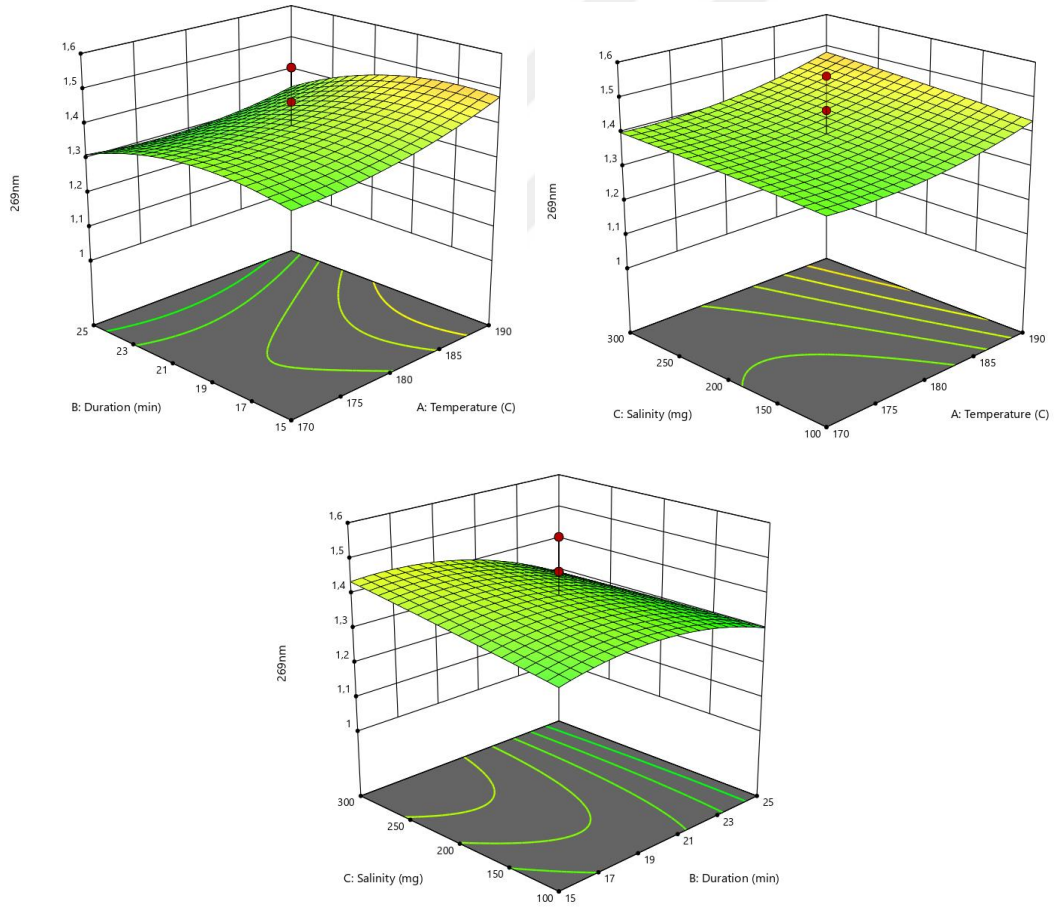
Airfryer tekniği ile gerçekleştirilen kızartma işlemi sonrasında oluşan %FFA değerleri incelendiğinde; %FFA değerlerinde çok önemli bir değişimin olmadığı ve bu değerlerin 0,42 ile 0,23 arasında değiştiği görülmektedir. Farklı pişirme süresi, pişirme sıcaklığı ve tuz oranlarının serbest yağ asidi oluşumuna etkileri açık bir şekilde ortaya konulamamaktadır.

Peroksit sayısı (PV) tayininden elde edilen sonuçlar kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.1**'de verilmiştir. **Çizelge 4.1**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık ve süre arttıkça peroksit oluşumu da artmaktadır. Kullanılan tuz miktarının peroksit oluşumuna önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. En yüksek PV değeri, sıcaklığın 180°C, sürenin 28.4 dk ve tuzluluğun 200 mg olduğu şartlarda 37,26 meq/kg olarak bulunmuştur. Bununla birlikte sıcaklığın 180-190 °C ve sürenin 20-25 dk olduğu pişirme işlemlerinde 20-30 meq/kg peroksitin oluştuğu gözlenmiştir. Airfryer tekniği sürekli hareketli sıcak hava ile pişirme gerçekleştirdiğinden peroksit oluşuna neden olduğu görülmüştür.

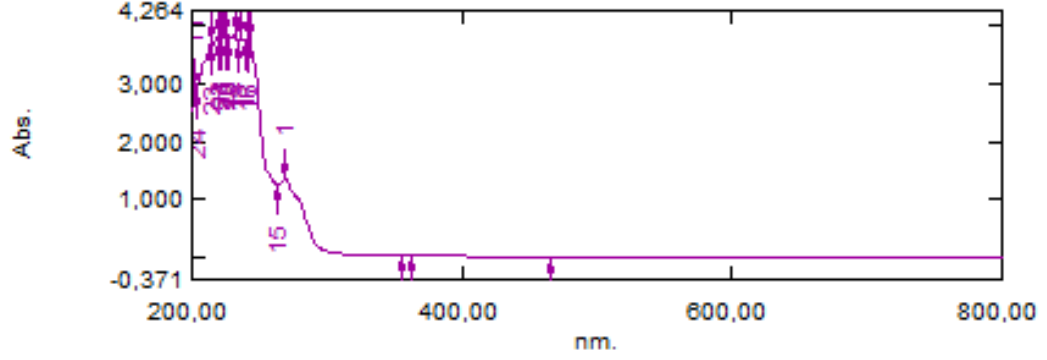


Şekil 4.1. Airfryer kızartma PV değerleri.

Uv-vis. spektrofotometre kullanılarak tayin edilen özgül absorbanst taramalarından elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında yüksek miktarda oluşan birincil oksidasyon ürünlerinden (232 nm) dolayı doğru ölçümlerin yapılamadığı gözlenmiştir. Cihazın maksimum ölçüm değeri 4 olduğundan tarama sonuçları bu değere yakın çıkmıştır. Birincil oksidasyon ürünlerinin tespit edilememesi dikkate alındığında peroksit sayısı açısından uyumlu olduğunu göstermektedir. 13 nolu numuneye ait spektrum **Şekil 4.3'** de verilmiştir. İkincil oksidasyon ürünleri (269 nm) sonuçları kullanılarak oluşturulan üç boyutlu grafikler **Şekil 4.2'**de verilmiştir. Grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık ve süre ile ikincil oksidasyon ürünlerinde de değişim görülmektedir. En yüksek ikincil oksidasyon ürünü sıcaklığın 190°C, sürenin 20 dk ve tuzluluğun 200 mg olduğu şartlarda 1,58 olarak bulunmuştur. Airfryer tekniği sürekli hareketli sıcak hava ile pişirme gerçekleştirdiğinden yemeklik yağlarda oluşan peroksitlerin çok hızlı bir şekilde ikincil oksidasyon ürünlerine dönüştüğü görülmüştür.

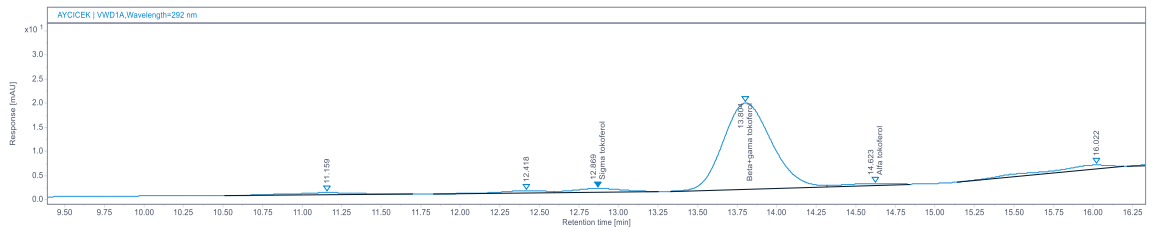


Şekil 4.2. Airfryer kızartma ikincil oksidasyon ürünü.

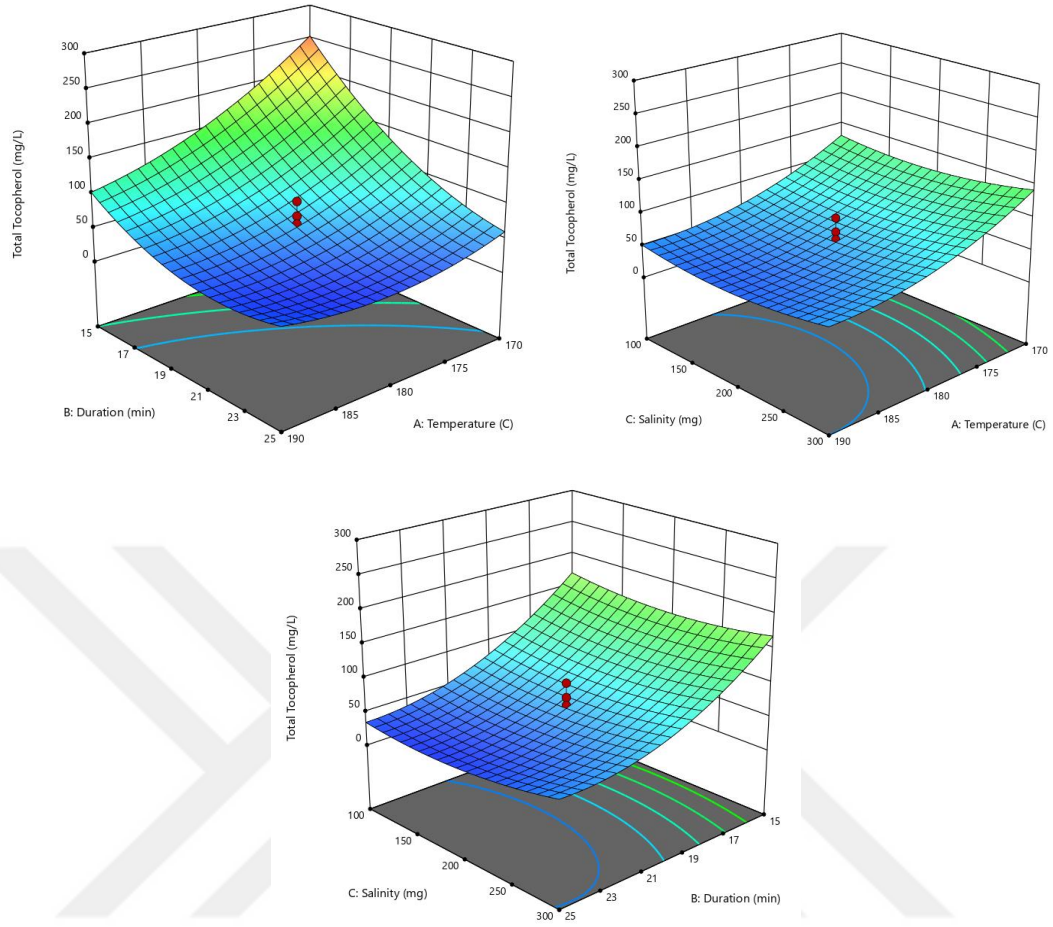


Şekil 4.3. 13 nolu numuneye ait Uv-vis spektrumu.

Yağlarda bulunan ve E vitamini aktivitesi gösteren tokoferollerin analizi HPLC'de gerçekleştirilmiş ve elde edilen toplam tokoferol miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler Şekil 4.5'de verilmiştir. Çizelge 4.1'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık ve süre arttıkça toplam tokoferol miktarı azalırken, düşük sıcaklık ve kısa kızartma sürelerinde tokoferol miktarında önemli bir azalmanın olmadığı tespit edilmiştir. Kullanılan tuz miktarının tokoferol miktarı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. En düşük tokoferol miktar, sıcaklığın 170°C, sürenin 25 dk ve tuzluluğun 100 mg olduğu şartlarda 20,42 mg/kg olarak bulunmuştur. Airfryer tekniği sürekli hareketli sıcak hava ile pişirme gerçekleştirdiğinden yemeklik yağlarda bulunan ve yağı oksidasyona karşı koruyan tokoferolleri okside ettiği ve yağın hızlı okside olmasına neden olduğu görülmüştür.

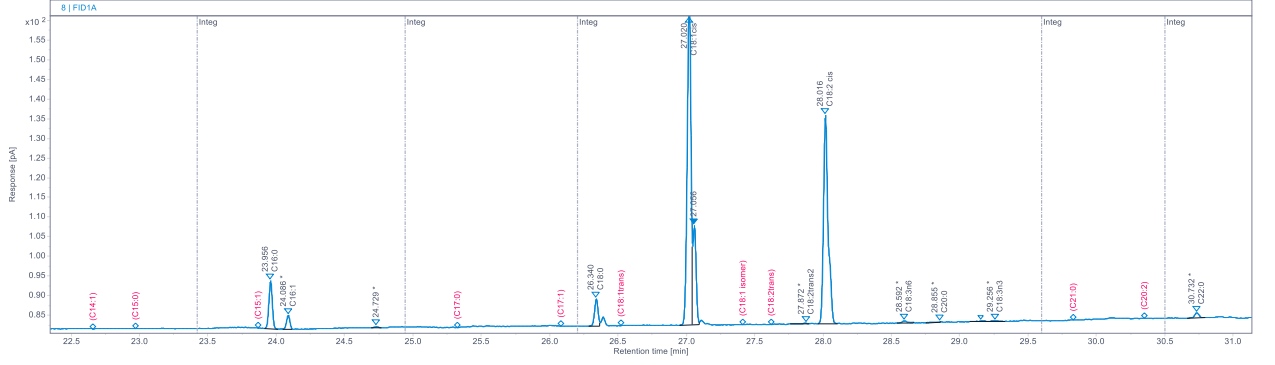


Şekil 4.4. Ayçiçek yağı tokoferol analizi kromatogramı.

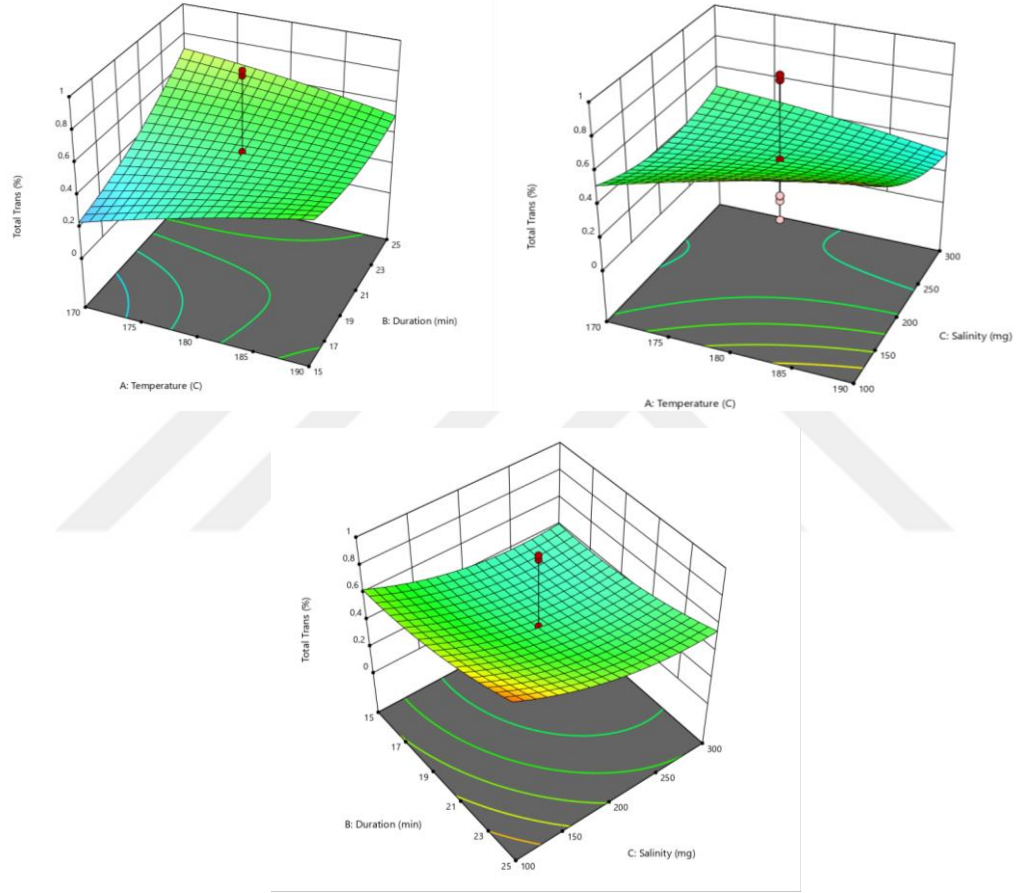


Şekil 4.5. Airfryer kızartma toplam tokoferol değerleri.

Yağları oluşturan yağ asitlerinin yüzde miktarının bulunduğu yağ asit kompozisyonu analizi GC'de gerçekleştirilmiştir. Yağ asit kompozisyonu analizinden elde edilen toplam trans izomer miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.7**'de verilmiştir. **Çizelge 4.1**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere yüksek sıcaklık ve uzun süre kızartmalarda toplam trans izomer miktarının da arttığı tespit edilmiştir. Kullanılan tuz miktarının da trans izomer miktarı üzerine etkisinin olduğu görülmüştür. En yüksek trans izomer miktarının, sıcaklığın 180°C, sürenin 20 dk ve tuzluluğun 200 mg olduğu şartlarda % 0,98 olarak bulunmuştur. Airfryer tekniğinin yemeklik yağlarda çok az miktarda bulunan trans izomerlerin oluşumuna neden olabileceği görülmüştür.



Şekil 4.6. Ayçiçek yağı yağ asit kompozisyonu analizi kromatogramı.



Şekil 4.7. Airfryer kızartma toplam trans değerleri.

4.1.2. Gıda Maddesi Olmadan Yapılan Derin Yağda Kızartma Denemesi

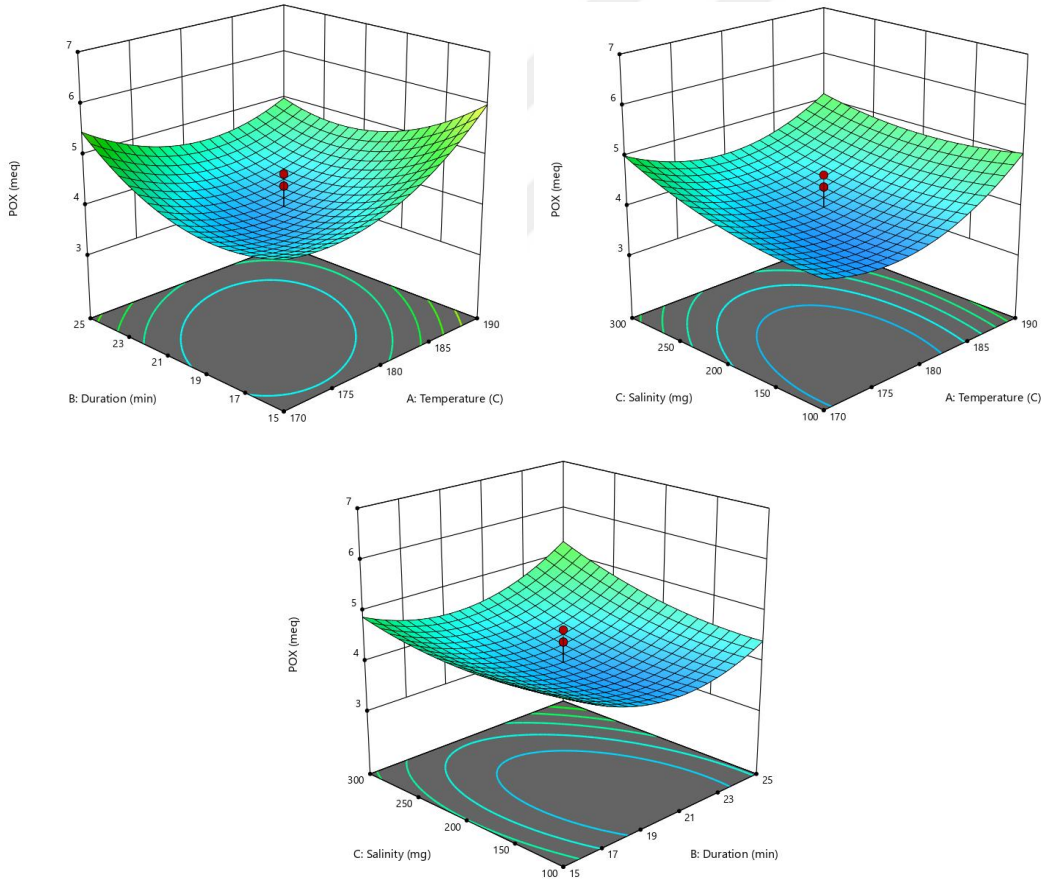
Parmak patates kullanmadan sadece ayçiçek yağı kullanılarak yapılan derin kızartma işlemlerinden sonra yağda yap 10 gr yağ kullanılmıştır. Yapılan kızartma işlemlerinde kullanılan deneysel parametreler ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ayçiçek yağında gıda maddesi olmadan yapılan derin kızartma işlemi; kemomertik dizayn parametreleri ve sonuçları

Run	A:Sıcaklık (°C)	B: Süre (dk)	C: Tuzluluk (mg)	FFA (%)	PV (meq O ₂ /kg)	232 nm	269 nm	Toplam Tokoferol (mg/kg)	Toplam trans (%)
1	180	11,591	200	0,28	5,82	2,12	1,11	267,50	0,02
2	190	15	300	0,25	5,20	2,65	1,32	258,08	0,74
3	180	20	200	0,34	4,64	3,02	1,52	250,07	0,03
4	190	25	300	0,31	5,60	2,86	1,50	245,68	0,03
5	180	20	200	0,31	3,44	3,38	1,67	250,00	0,03
6	180	20	200	0,25	3,42	2,90	1,45	250,79	0,12
7	180	20	200	0,28	3,80	3,05	1,56	280,60	0,11
8	170	15	100	0,31	4,40	2,79	1,40	256,13	0,23
9	180	20	200	0,31	3,84	3,11	1,61	242,33	0,21
10	163,182	20	200	0,37	4,48	2,47	1,24	257,57	0,16
11	170	15	300	0,23	5,64	2,55	1,33	259,23	0,14
12	180	20	200	0,34	4,40	2,78	1,50	260,83	0,03
13	190	25	100	0,28	4,40	3,72	1,86	243,54	0,01
14	180	20	31,8207	0,31	4,00	2,83	1,55	271,43	0,27
15	170	25	300	0,25	6,20	3,03	1,54	228,29	0,18
16	196,818	20	200	0,31	6,90	3,73	1,89	252,27	0,75
17	180	20	200	0,28	4,40	2,46	1,33	264,53	0,60
18	180	28,409	200	0,25	5,60	3,19	1,70	252,84	0,22
19	190	15	100	0,28	6,60	2,67	1,29	277,07	0,19
20	180	20	368,179	0,28	5,20	2,62	1,42	271,95	0,25
21	170	25	100	0,31	6,00	3,52	1,85	242,52	0,62

Derin yağ ile gerçekleştirilen kızartma işlemi sonrasında oluşan %FFA değerleri incelendiğinde; %FFA değerlerinde çok önemli bir değişimin olmadığı ve 0,37 ile 0,23 arasında değiştiği görülmektedir. Farklı pişirme süresi, pişirme sıcaklığı ve tuz oranlarının serbest yağ asidi oluşumuna etkileri açık bir şekilde ortaya konulamamaktadır.

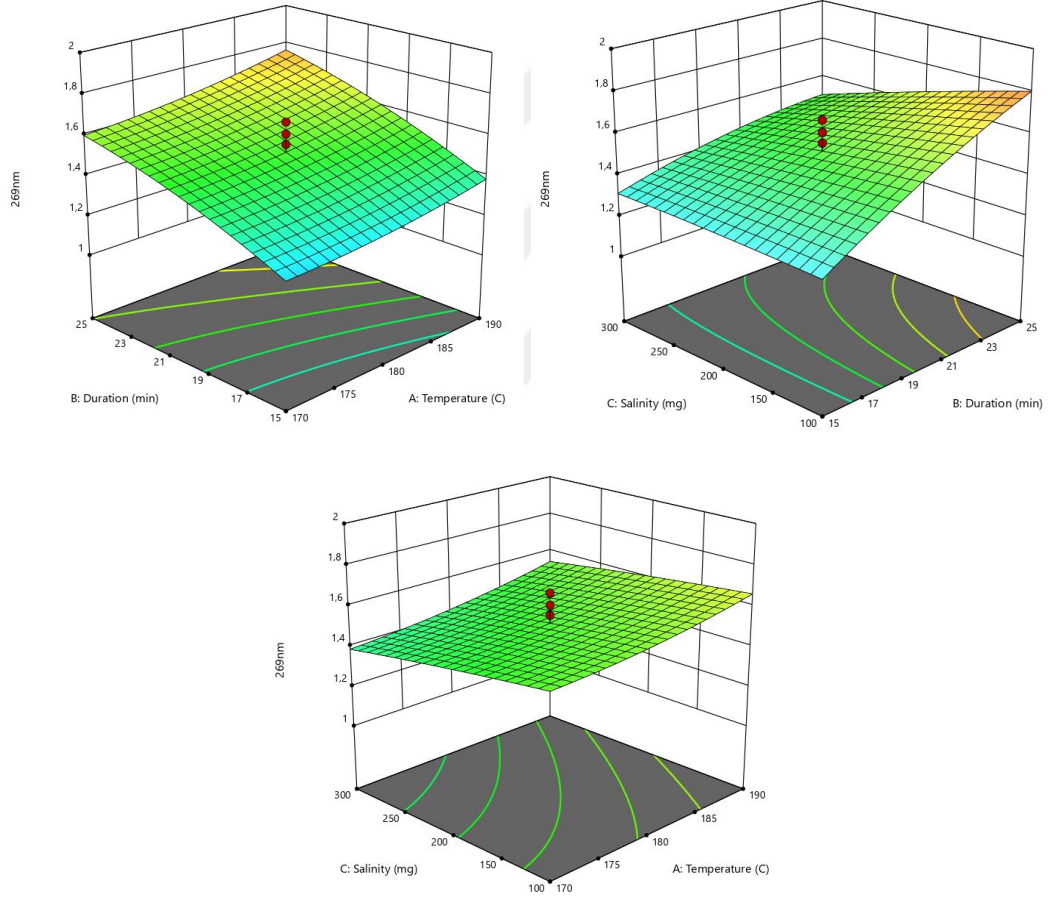
Peroksit sayısı (PV) tayininden elde edilen sonuçlar kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.8**'da verilmiştir. **Çizelge 4.2**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık, süre ve tuzluluk değişimi peroksit oluşumunu etkilemektedir. En yüksek PV değeri, sıcaklığın 196.8°C, sürenin 20 dk ve tuzluluğun 200 mg olduğu şartlarda 6.90 meq/kg olarak bulunmuştur. Bununla birlikte sıcaklığın 180 °C ve sürenin 20 dk olduğu tekrarlı pişirme işlemlerinde 3.4 meq/kg peroksitin oluştuğu görülmüştür.



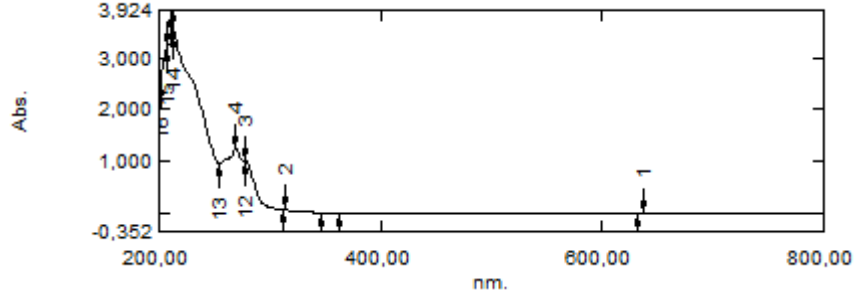
Şekil 4.8. Derin kızartma PV değerleri.

Uv-vis. spektrofotometre kullanılarak tayin edilen özgül absorbans taramalarından elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında yüksek miktarda oluşan

birincil oksidasyon ürünlerinin (232 nm) yüksek sıcaklıklarda yapılan pişirme işlemlerinde olduğu gözlenmiştir. Birincil oksidasyon ürünleri peroksit sayısı arasında uyumun olduğu görülmüştür. 21 nolu numuneye ait spektrum **Şekil 4.10**'de verilmiştir. Özgül absorbans ölçümlerinden elde edilen ikincil oksidasyon ürünlerine (269 nm) ait üç boyutlu grafikler **Şekil 4.9**'de verilmiştir. Grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık ve süre yüksek olduğu yerde en yüksek ikincil oksidasyon ürünleri görülmektedir. En yüksek ikincil oksidasyon ürünü sıcaklığın 196.8 °C, sürenin 20 dk ve tuzluluğun 200 mg olduğu şartlarda 1,58 olarak bulunmuştur.

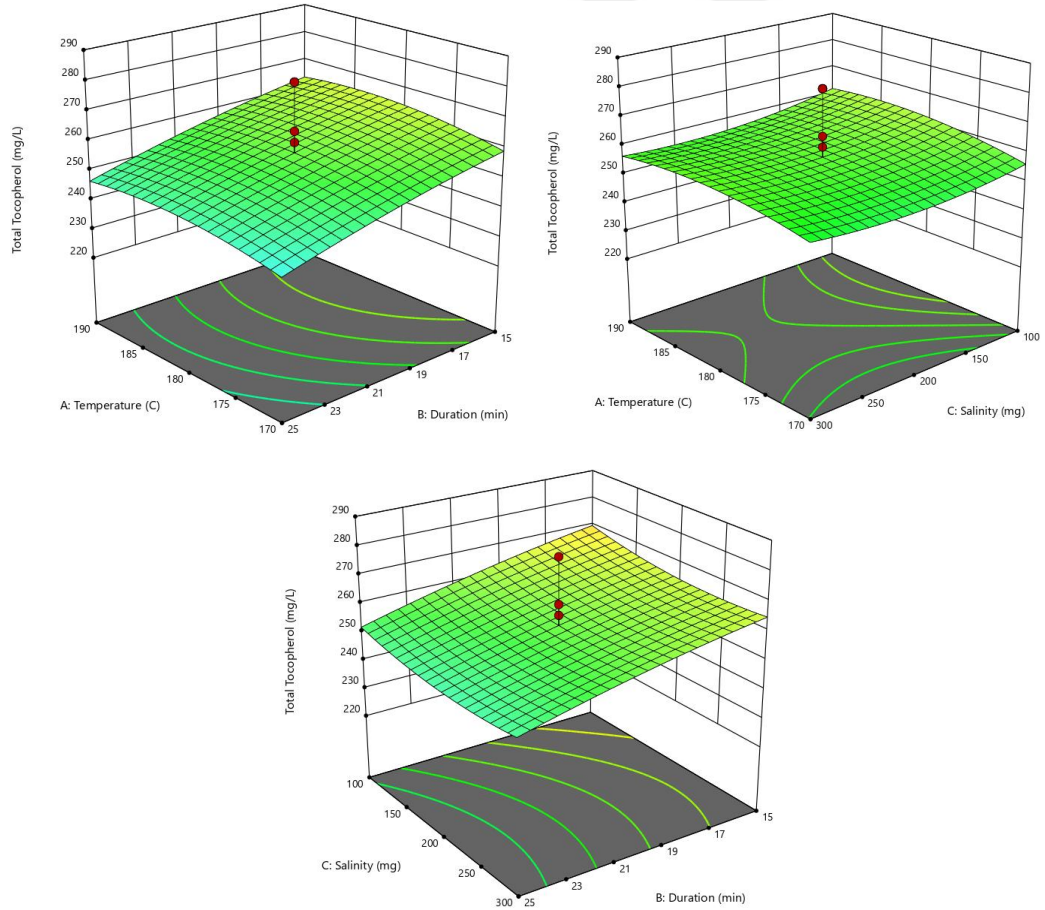


Şekil 4.9. Derin kızartma ikincil oksidasyon ürünü.



Şekil 4.10. 10 nolu numuneye ait Uv-vis spektrumu.

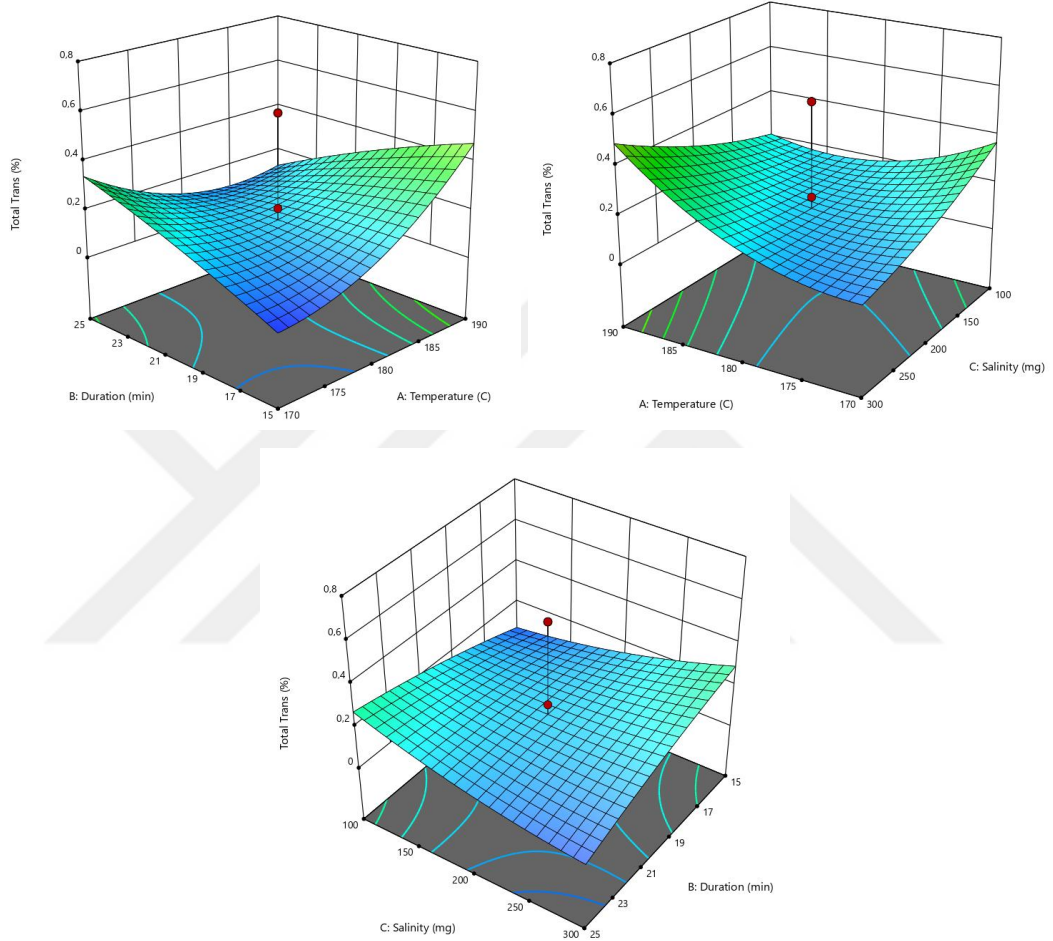
Toplam tokoferol miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler Şekil 4.11`de verilmiştir. Çizelge 4.2`den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık, süre ve tuzluluk değerlerinin değişimine bağlı olarak toplam tokoferol miktarlarında net bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.11. Derin kızartma toplam tokoferol değerleri.

Toplam trans miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler Şekil 4.12`de verilmiştir. Çizelge 4.2`den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık,

süre ve tuzluluk miktarlarının trans izomer oluşumu üzerine etkisinin olduğu görülmüştür. En yüksek trans izomer miktarının, sıcaklığın 190°C, sürenin 15 dk ve tuzluluğun 300 mg olduğu şartlarda % 0,74 olarak bulunmuştur. Derin yağ ile kızartma işlemi gerçekleştirdiğinde yemeklik yağlarda çok az miktarda bulunan trans izomerlerin oluşumuna neden olabileceği görülmüştür.



Şekil 4.12. Derin kızartma toplam trans değerleri.

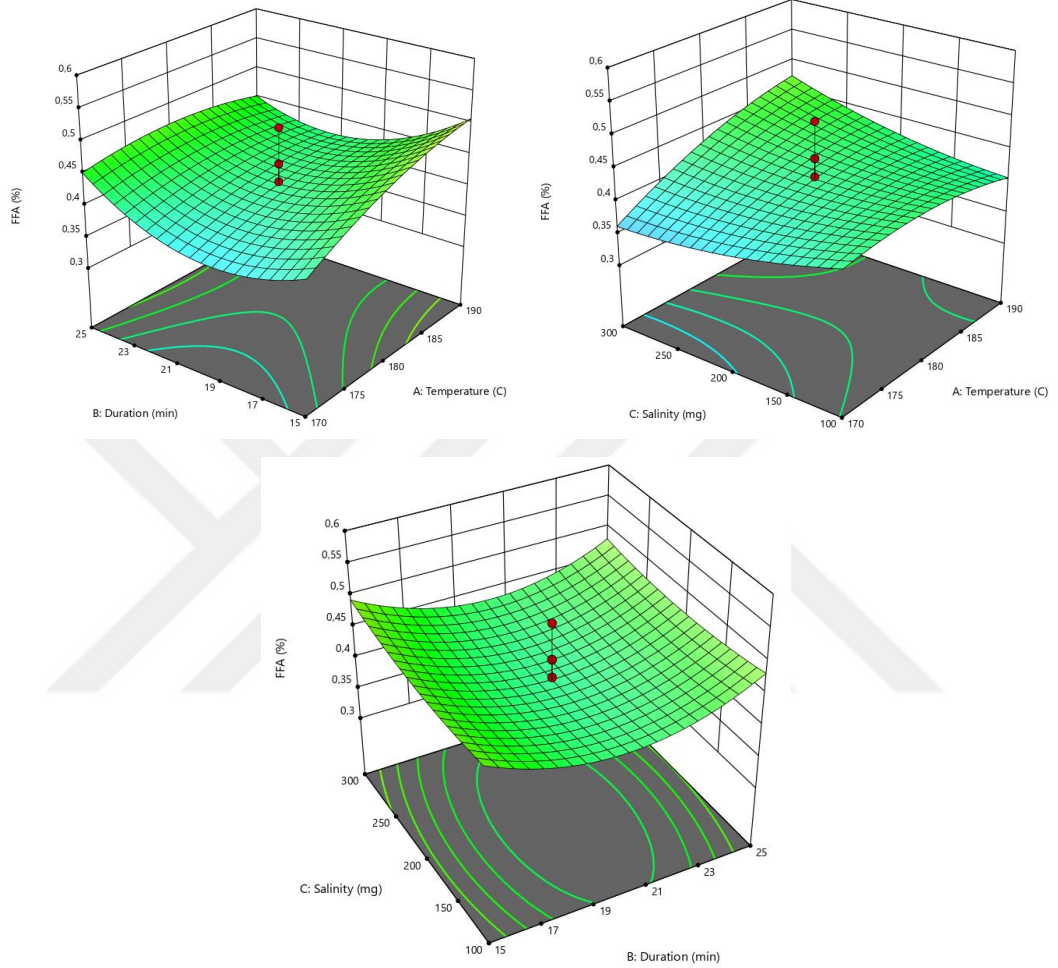
4.1.3. Parmak Patates ile Airfryerde Kızartma

Parmak patates kullanarak ayçiçek yağı ile yapılan airfryer kızartma işlemlerinde 250 gr parmak patates ve 10 gr yağ kullanılmıştır. Yapılan kızartma işlemlerinde kullanılan deneysel parametreler ve elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.3**'de verilmiştir. Bu taylorlardan elde edilen sonuçlardan bazıları merkezi kompozit tasarımda cevap değeri olarak kullanılmış ve üç- boyutlu grafikler çizilmiştir.

Çizelge 4.3. Ayçiçek yağında parmak patates ile airfryerde kızartma işlemi; Kemomertik dizayn parametreleri ve sonuçları

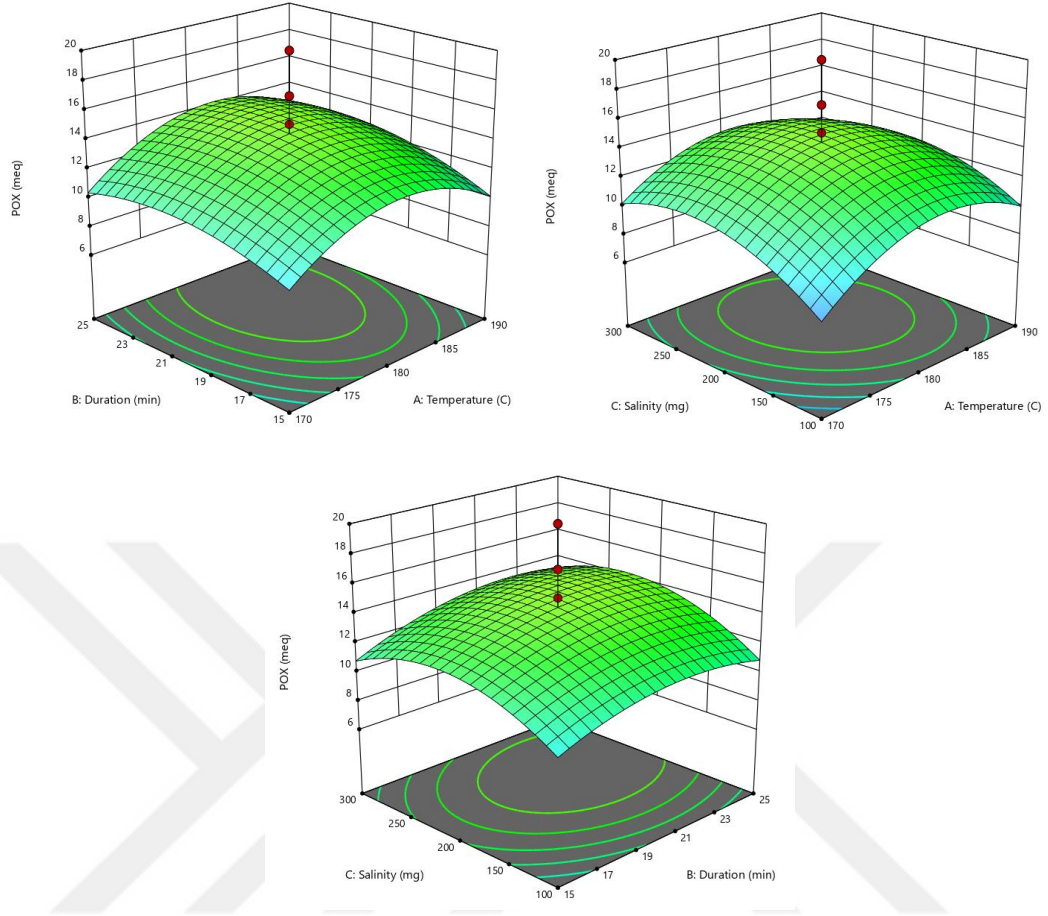
Run	A:Sıcaklık (°C)	B: Süre (dk)	C: Tuzluluk (mg)	FFA (%)	PV (meq O ₂ /kg)	232 nm	269 nm	Toplam Tokoferol (mg/kg)	Toplam trans (%)
1	180	11,591	200	0,56	10,00	3,10	1,38	147,47	0,14
2	190	15	300	0,48	8,20	2,85	1,34	156,36	0,04
3	180	20	200	0,51	11,00	2,82	1,32	150,75	0,12
4	190	25	300	0,51	9,00	2,88	1,11	150,29	0,10
5	180	20	200	0,45	15,10	3,38	1,37	155,70	0,10
6	180	20	200	0,39	20,00	3,18	1,27	145,34	0,09
7	180	20	200	0,42	14,00	3,02	1,22	161,76	0,05
8	170	15	100	0,42	7,80	3,02	1,38	182,26	0,04
9	180	20	200	0,45	17,00	3,29	1,43	152,60	0,57
10	163,182	20	200	0,34	6,00	2,54	1,24	209,28	0,07
11	170	15	300	0,42	6,00	2,70	1,17	182,17	0,06
12	180	20	200	0,31	14,00	2,76	1,22	155,63	0,03
13	190	25	100	0,39	11,00	2,77	1,22	162,80	0,07
14	180	20	31,8207	0,39	6,00	2,63	1,21	169,28	0,30
15	170	25	300	0,34	10,00	2,88	1,32	194,60	0,04
16	196,818	20	200	0,42	9,10	2,90	1,28	165,05	0,17
17	180	20	200	0,39	9,90	2,10	0,92	158,46	0,04
18	180	28,409	200	0,59	13,10	3,36	1,30	147,08	0,10
19	190	15	100	0,56	7,00	3,07	1,17	144,24	0,07
20	180	20	368,179	0,54	12,20	3,25	1,34	163,73	0,06
21	170	25	100	0,56	6,00	3,05	1,12	165,08	0,06

Airfryer tekniği ile gerçekleştirilen kızartma işlemi sonrasında oluşan %FFA değerleri incelendiğinde; %FFA değerlerinde sıcaklığın, sürenin ve tuzluluğun çok etkili olmadığı görülmüştür. Toplam değerlere baktığımız da ise 0,59 ile 0,31 arasında değiştiği görülmektedir. Kullanılan yüksek tuz miktarının yüksek süre ve sıcaklıkta %FFA'da artışa neden olduğu **Şekil 4.13'** da görülmektedir.



Şekil 4.13. Airfryer parmak patates % FFA değerleri.

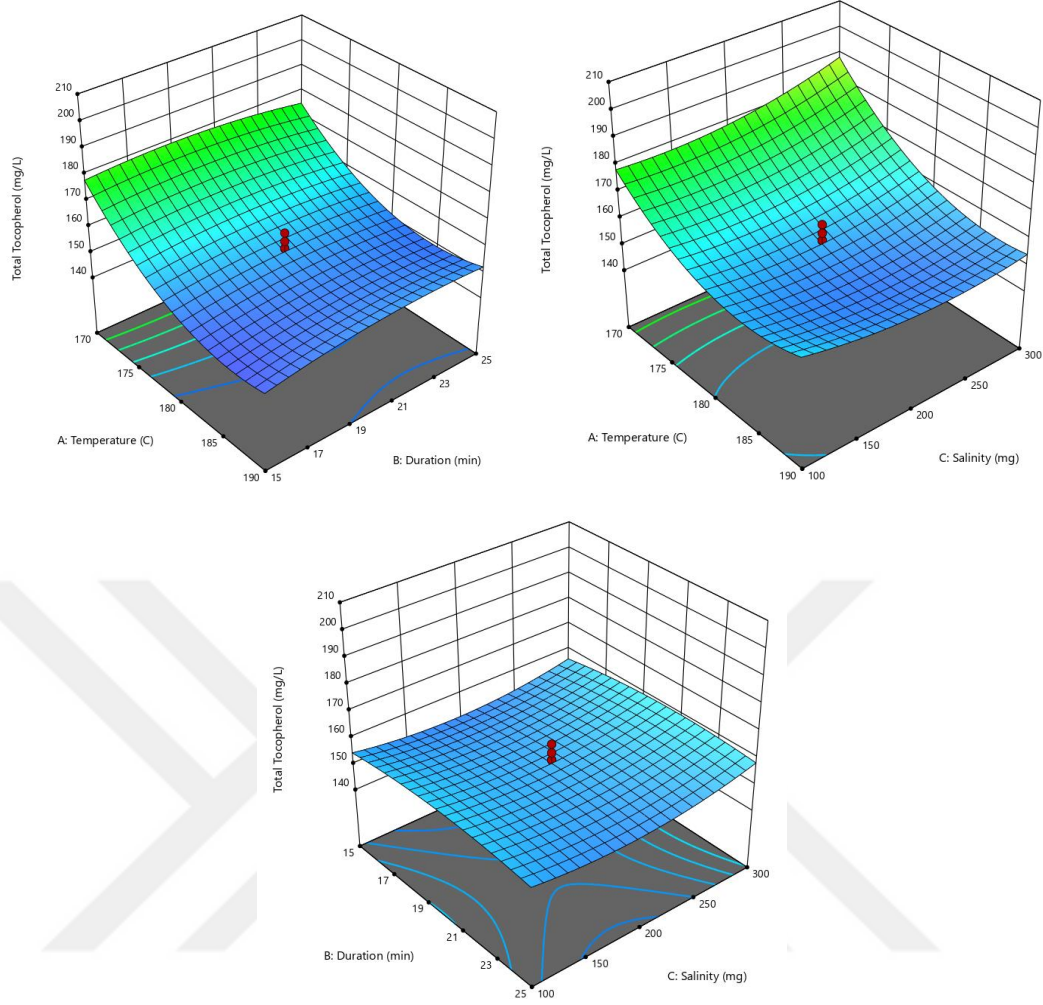
Peroksit sayısı (PV) tayininden elde edilen sonuçlar kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.14'**de verilmiştir. **Çizelge 4.3'**den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık, süre ve tuzluluğun peroksit oluşumuna etkisinin çok fazla olduğu görülmüştür. En yüksek PV değeri, sıcaklığın 180°C, sürenin 20 dk ve tuzluluğun 200 mg olduğu şartlarda 20 meq/kg olarak bulunmuştur. Bununla birlikte sıcaklığın 180-190°C ve sürenin 20-25 dk olduğu pişirme işlemlerinde 9-14 meq/kg peroksitin oluştuğu gözlenmiştir. Airfryer tekniği sürekli hareketli sıcak hava ile pişirme gerçekleştirdiğinden yemeklik yağlarda peroksit oluşuna neden olduğu görülmüştür.



Şekil 4.14. Airfryer parmak patates PV değerleri.

Uv-vis. spektrofotometre kullanılarak tayin edilen özgül absorbans taramalarından elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında yüksek miktarda oluşan birincil oksidasyon ürünlerinin (232 nm) oluştuğu gözlenmiştir. Birincil oksidasyon ürünlerinin çok yüksek olması peroksit sayısı ile uyumlu olduğunu göstermektedir. İkincil oksidasyon ürünleri (269 nm) sonuçları değerleri dikkate alındığında net bir değişim olmadığı gözlenmiştir.

Toplam tokoferol miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.15**'de verilmiştir. **Çizelge 4.3**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık arttıkça tokoferol içeriğini azaltırken süre ve tuzluluğun toplam tokoferol içeriğine etkilerinin çok fazla olmadı tespit edilmiştir. Hem gıda maddesi kullanılmadan hem de parmak patates kullanılarak yapılan airfryer pişirme işlemleri kıyaslandığında parmak patatesli kızartmada toplam tokoferol içeriğinin daha az azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.15. Airfryer parmak patates toplam tokoferol değerleri.

Yağ asit kompozisyonu analizinden elde edilen toplam trans izomer miktarları dikkate alındığında parmak patatesle yapılan airfryer kızartmada trans izomer oluşumunun çok fazla olmadığı gözlenmiştir. Toplam tokoferol analizinde olduğu gibi toplam trans izomer oluşumunda da parmak patates kullanımının trans izomer oluşumunu arttırmadığı görülmüştür.

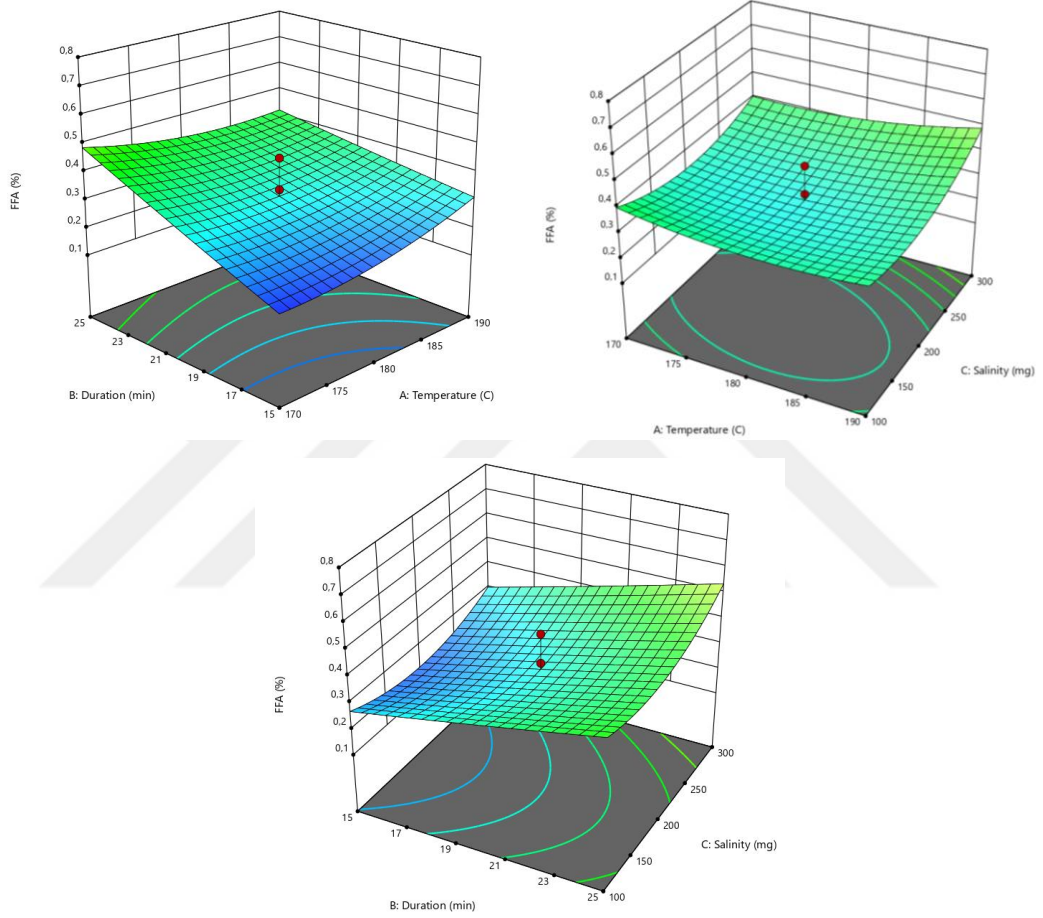
4.1.4. Parmak Patates ile Derin Kızartma

Parmak patates kullanarak ayçiçek yağı ile yapılan derin yağ kızartma işlemlerinde 250 gr parmak patates ve 50 gr yağ kullanılmıştır. Yapılan kızartma işlemlerinde kullanılan deneysel parametreler ve elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.4**'de verilmiştir. Bu tayinlerden elde edilen sonuçlar merkezi kompozit tasarımda cevap değeri olarak kullanılmış ve üç boyutlu grafikler çizilmiştir.

Çizelge 4.4 Ayçiçek yağında parmak patates ile derin kızartma işlemi; kemomertik dizayn parametreleri ve sonuçları

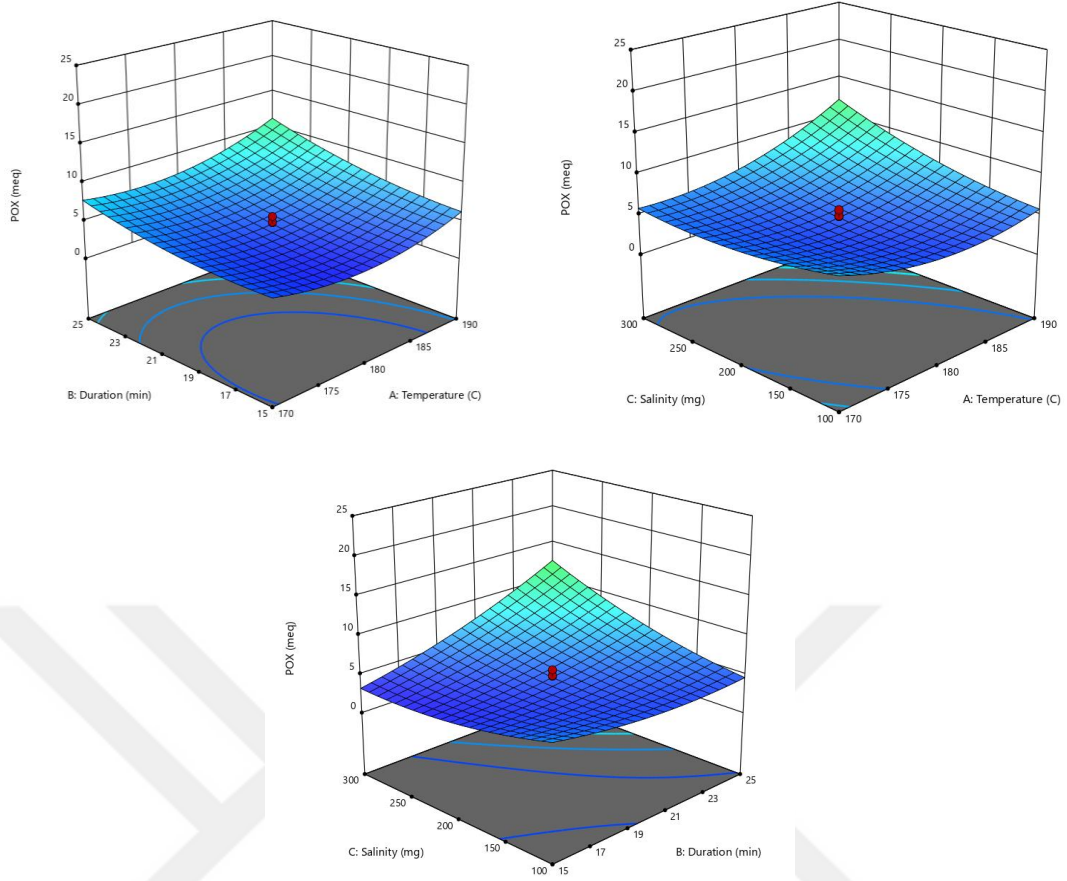
Run	A: Sıcaklık (°C)	B: Süre (dk)	C: Tuzluluk (mg)	FFA (%)	PV (meq O ₂ /kg)	232 nm	269 nm	Toplam Tokoferol (mg/kg)	Toplam trans (%)
1	180	11,591	200	0,17	8,80	3,30	1,95	252,41	0,04
2	190	15	300	0,48	5,72	3,91	2,04	220,08	0,03
3	180	20	200	0,28	3,60	3,56	1,65	220,36	0,04
4	190	25	300	0,68	23,20	4,00	3,37	110,51	0,64
5	180	20	200	0,31	4,84	3,76	1,80	197,51	0,02
6	180	20	200	0,25	4,88	3,75	1,55	148,24	0,56
7	180	20	200	0,34	5,56	3,71	1,80	200,76	0,02
8	170	15	100	0,25	5,80	3,31	1,63	226,84	0,06
9	180	20	200	0,31	5,64	3,82	1,95	171,92	0,43
10	163,182	20	200	0,31	6,40	3,82	2,63	287,25	0,48
11	170	15	300	0,28	4,04	3,48	1,83	232,24	0,66
12	180	20	200	0,45	4,80	3,87	2,30	169,61	0,63
13	190	25	100	0,48	6,00	3,93	2,85	116,14	0,05
14	180	20	31,8207	0,48	8,40	3,74	2,90	132,17	0,30
15	170	25	300	0,71	14,40	3,88	2,77	184,59	0,13
16	196,818	20	200	0,37	12,80	3,80	2,53	93,72	0,09
17	180	20	200	0,28	3,40	3,74	2,43	166,09	0,38
18	180	28,409	200	0,34	4,32	3,76	2,70	164,78	0,08
19	190	15	100	0,31	4,40	3,68	2,04	127,93	0,16
20	180	20	368,179	0,42	5,60	3,88	2,65	127,29	0,10
21	170	25	100	0,59	10,00	3,79	1,58	211,42	0,09

Derin yağ ile gerçekleştirilen kızartma işlemi sonrasında oluşan %FFA değerleri incelendiğinde; düşük sıcaklık, uzun kızartma süresi ve yüksek tuzlulukta %FFA'nın yükseldiği görülmüştür. Kullanılan yüksek tuz miktarının uzun sürede %FFA'da artışa neden olduğu **Şekil 4.16**'da görülmektedir. En yüksek %FFA değerinin 170 °C, 25 dk ve 300mg tuzlulukta (0.71) oluştuğu gözlenmiştir.



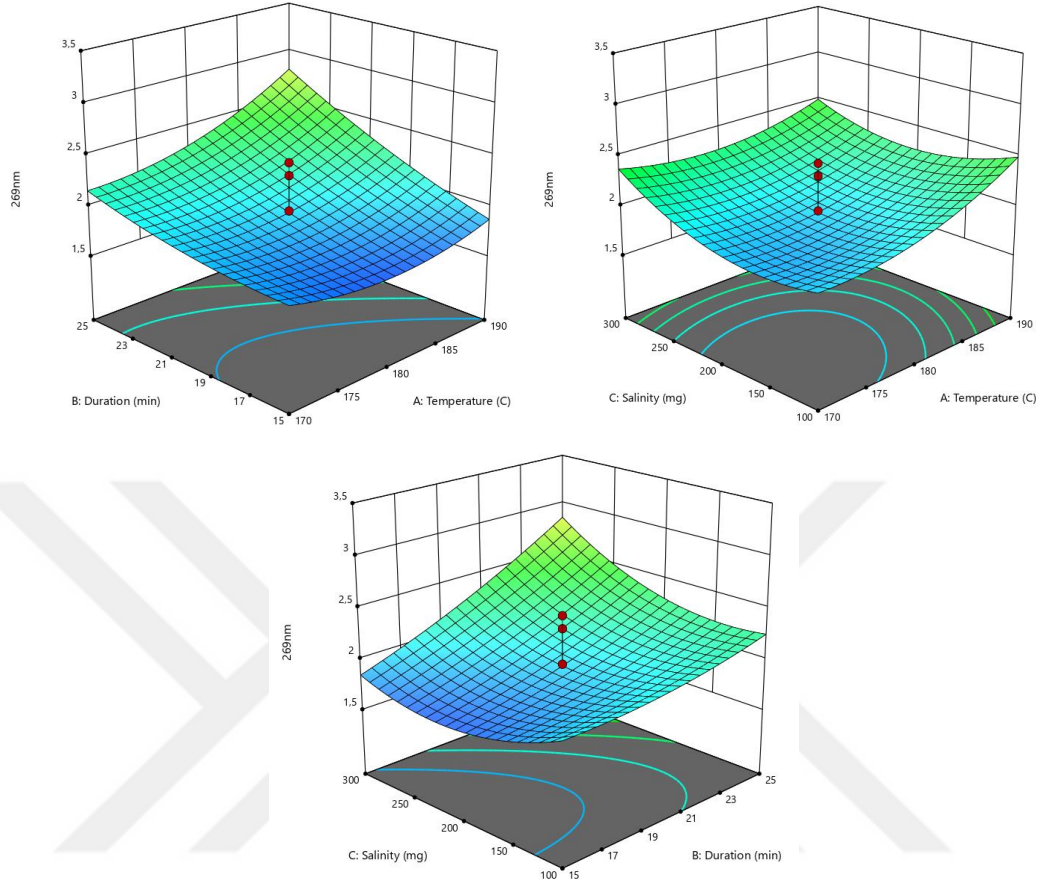
Şekil 4.16. Derin kızartmada parmak patates % FFA değerleri.

Peroksit sayısı (PV) tayininden elde edilen sonuçlar kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.17**'de verilmiştir. **Çizelge 4.4**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık ve süre arttıkça peroksit oluşumu da artmaktadır. Kullanılan yüksek tuz miktarı, yüksek sıcaklık ve uzun sürede peroksit oluşumunu arttırdığı görülmüştür.

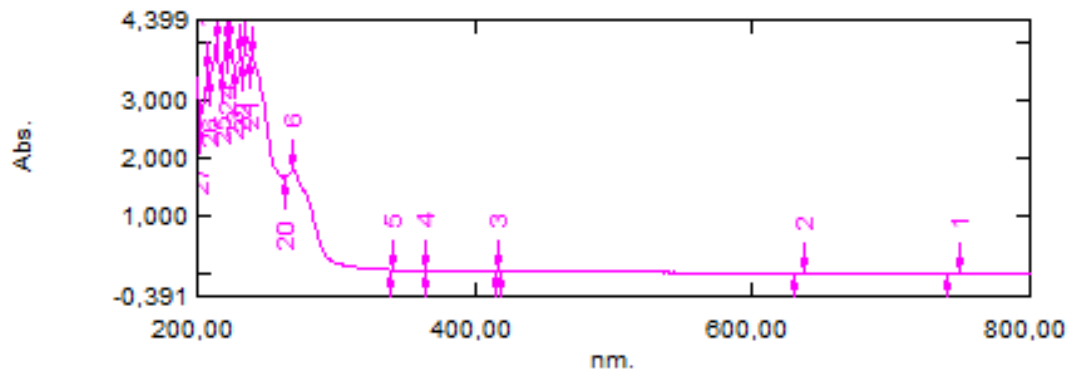


Şekil 4.17. Derin kızartmada parmak patates PV değerleri.

Uv-vis spektrofotometre kullanılarak tayin edilen özgül absorbands taramalarından elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında yüksek miktarda oluşan birincil oksidasyon ürünlerinden (232 nm) dolayı doğru ölçümlerin yapılamadığı gözlenmiştir. Cihazın maksimum ölçüm değeri 4 olduğundan tarama sonuçları bu değere yakın çıkmıştır. Birincil oksidasyon ürünlerinin tespit edilememesi dikkate alındığında, peroksit sayısı açısından uyumlu olduğunu göstermektedir. 5 nolu numuneye ait spektrum Şekil 4.19'de verilmiştir. Özgül absorbands ölçümlerinden elde edilen ikincil oksidasyon ürünlerine (269 nm) ait sonuçlar Çizelge 4.4'de ve bu değerlerden oluşturulan üç boyutlu grafikler Şekil 4.18'de verilmiştir. Grafiklerden de görüleceği üzere yüksek sıcaklık ve uzun kızartma süre ikincil oksidasyon ürünlerinde artışa neden olmuştur. Derin yağ kızartma işlemi ile yemeklik yağlarda oluşan peroksitlerin çok hızlı bir şekilde ikincil oksidasyon ürünlerine dönüştüğü görülmüştür.

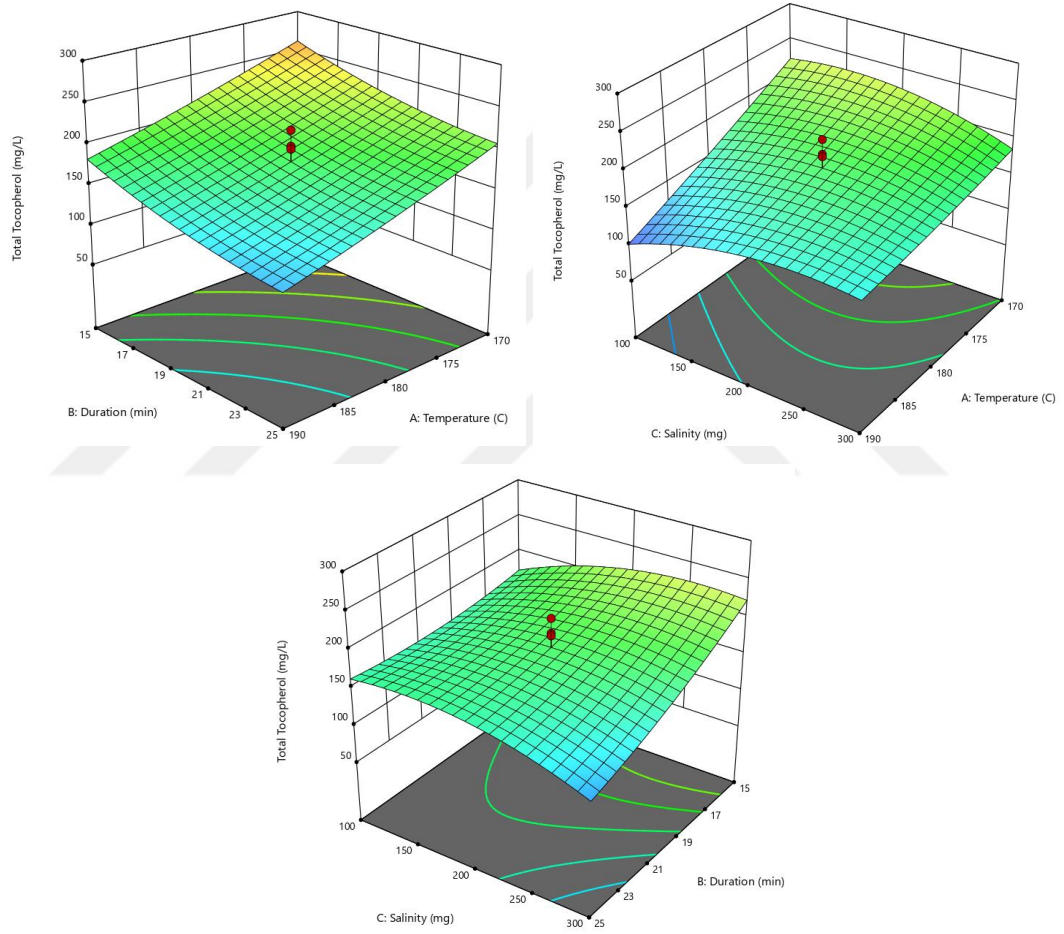


Şekil 4.18. Derin kızartmada parmak patates ikincil oksidasyon ürünleri.



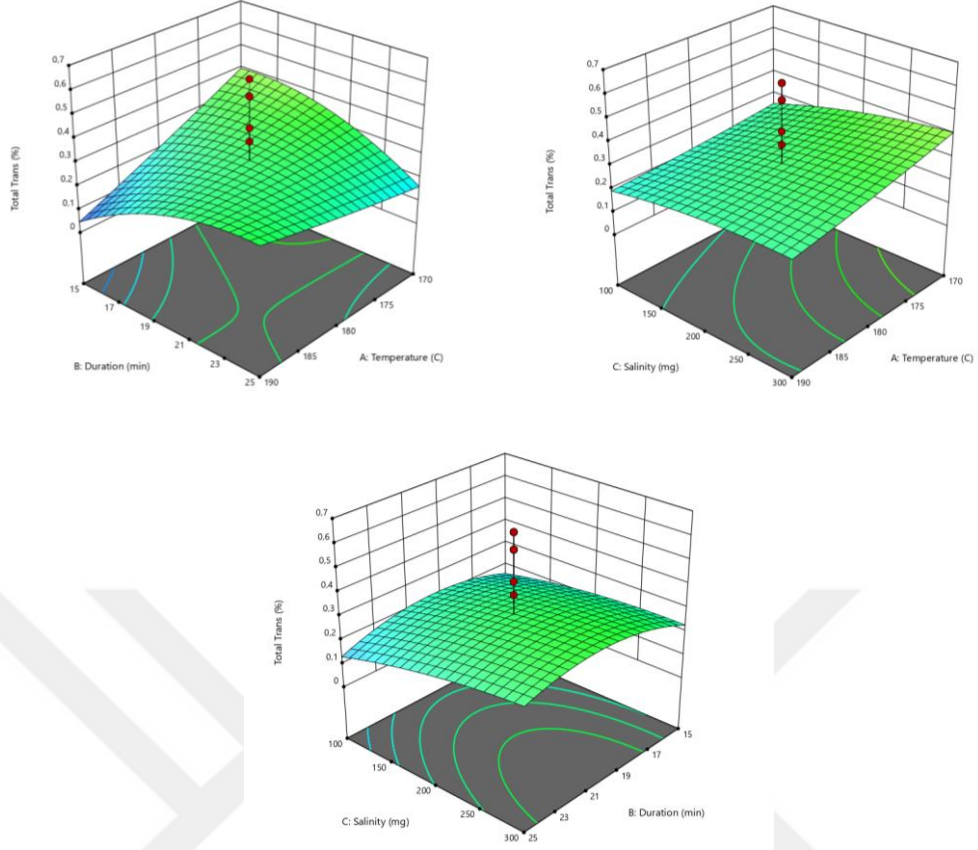
Şekil 4.19. 5 nolu numuneye ait Uv-vis spektrumu.

Toplam tokoferol miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.20**'de verilmiştir. **Çizelge 4.4**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere yüksek sıcaklık ve uzun kızartma sürelerinde tokoferol miktarında önemli bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan yüksek tuz miktarı ve kısa kızartma sürelerinde tokoferol miktarının azalmasına engel olduğu görülmüştür. Ancak yüksek sıcaklıklarda tuz miktarının tokoferol azalmasına etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. En düşük tokoferol miktarı, sıcaklığın 196,818°C, sürenin 20 dk ve tuzluluğun 200 mg olduğu şartlarda 93,72 mg/kg olarak bulunmuştur.



Şekil 4.20. Derin kızartmada parmak patates toplam tokoferol değerleri.

Yağ asit kompozisyonu analizinden elde edilen toplam trans izomer miktarları **Çizelge 4.4**'de verilmiştir. Toplam trans miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.21**'de verilmiştir. **Çizelge 4.4**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık, süre ve tuzluluk değişiminin toplam trans izomer miktarında önemli bir değişime sebep olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.21. Derin kızartmada parmak patates toplam trans değerleri.

4.2 Mısır Yağında Yapılan Kızartmalar

4.2.1. Gıda Maddesi Olmadan Yapılan Airfryer Kızartma Denemesi

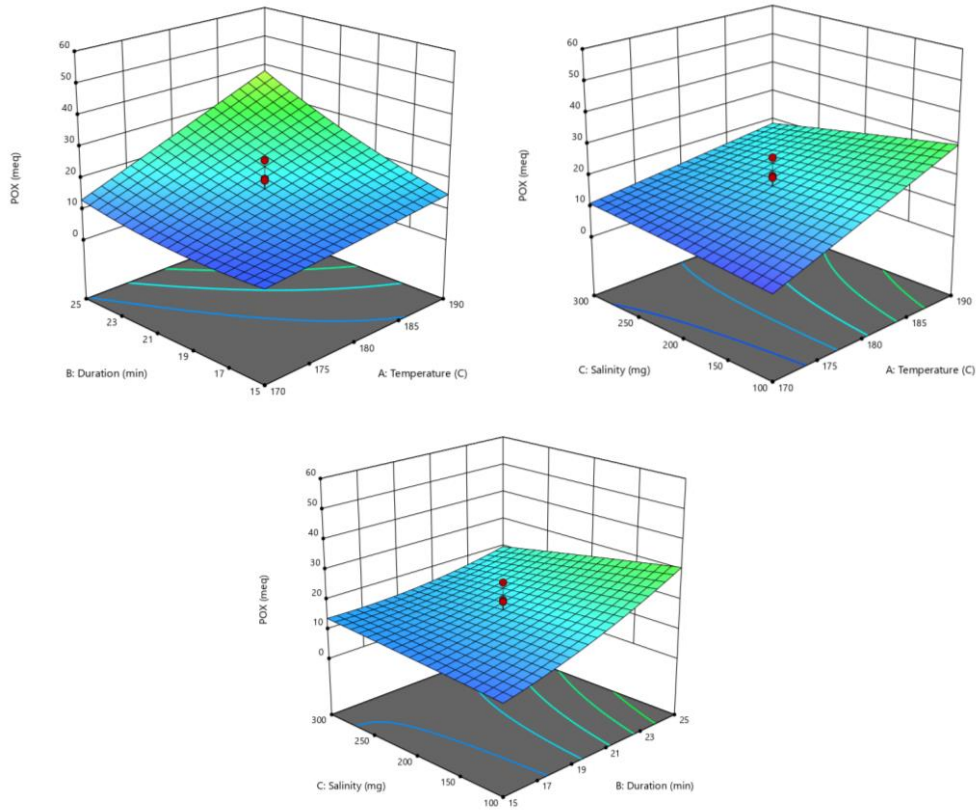
Parmak patates kullanmadan sadece mısır yağı kullanılarak yapılan derin kızartma işlemlerinde 10 gr yağ kullanılmıştır. Yapılan kızartma işlemlerinde kullanılan deneysel parametreler ve elde edilen analiz sonuçları **Çizelge 4.5**'da verilmiştir. Bu parametreler kullanılarak yapılan kızartma işlemleri sonunda elde edilen Bu parametreler kullanılarak yapılan kızartma işlemleri sonunda elde edilen yağ numuneleri üzerinde yapılan %FFA, PV, özgül absorbans (232 nm ve 269 nm), toplam tokoferol ve toplam trans izomer analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerden elde edilen sonuçlar yapılan merkezi kompozit tasarımda cevap değeri olarak kullanılmış ve üç boyutlu grafikler çizilmiştir.

Çizelge 4.5. Mısır yağında gıda maddesi olmadan yapılan airfryer kızartma işlemi; kemomertik dizayn parametreleri ve sonuçları

Run	A:Sıcaklık (°C)	B: Süre (dk)	C: Tuzluluk (mg)	FFA (%)	PV (meq O ₂ /kg)	232 nm	269 nm	Toplam Tokoferol (mg/kg)	Toplam trans (%)
1	180	11,591	200	0,30	12,30	3,28	2,13	645,40	0,09
2	190	15	300	0,13	14,70	3,54	1,64	491,07	0,84
3	180	20	200	0,14	15,90	3,27	1,47	428,91	0,04
4	190	25	300	0,17	23,40	3,59	1,50	152,83	0,02
5	180	20	200	0,18	10,00	3,76	1,74	388,92	0,02
6	180	20	200	0,13	12,00	3,85	1,84	410,50	0,03
7	180	20	200	0,17	20,00	2,58	1,07	414,04	0,19
8	170	15	100	0,13	6,70	2,61	1,47	575,92	0,06
9	180	20	200	0,10	19,50	3,62	1,53	363,43	0,06
10	163,182	20	200	0,14	8,00	2,14	1,13	470,13	0,02
11	170	15	300	0,16	7,00	1,46	0,80	526,89	0,04
12	180	20	200	0,17	13,20	2,59	1,06	463,09	0,03
13	190	25	100	0,20	54,00	3,83	1,82	94,98	0,39
14	180	20	31,8207	0,28	15,00	3,82	1,75	378,35	0,13
15	170	25	300	0,18	10,70	3,82	1,83	477,19	0,04
16	196,818	20	200	0,21	28,00	3,83	2,24	144,53	0,05
17	180	20	200	0,18	26,00	2,74	1,07	380,57	0,03
18	180	28,409	200	0,17	35,00	3,72	1,73	143,74	0,09
19	190	15	100	0,18	15,70	3,81	1,86	286,83	0,02
20	180	20	368,179	0,21	19,70	3,18	1,94	522,79	0,06
21	170	25	100	0,17	11,30	3,71	1,71	431,54	0,11
MISIR				0,05	4,38	3,62	2,41	645,40	0,05

Airfryer tekniği ile gerçekleştirilen kızartma işlemi sonrasında oluşan %FFA değerleri incelendiğinde; %FFA değerlerinde çok önemli bir değişimin olmadığı görülmektedir. Bu değerler 0,30 ile 0,10 arasında değiştiği görülmektedir. Farklı pişirme süresi, sıcaklığı ve tuzluluğun serbest yağ asidi oluşumuna etkileri açık bir şekilde ortaya konulamamaktadır.

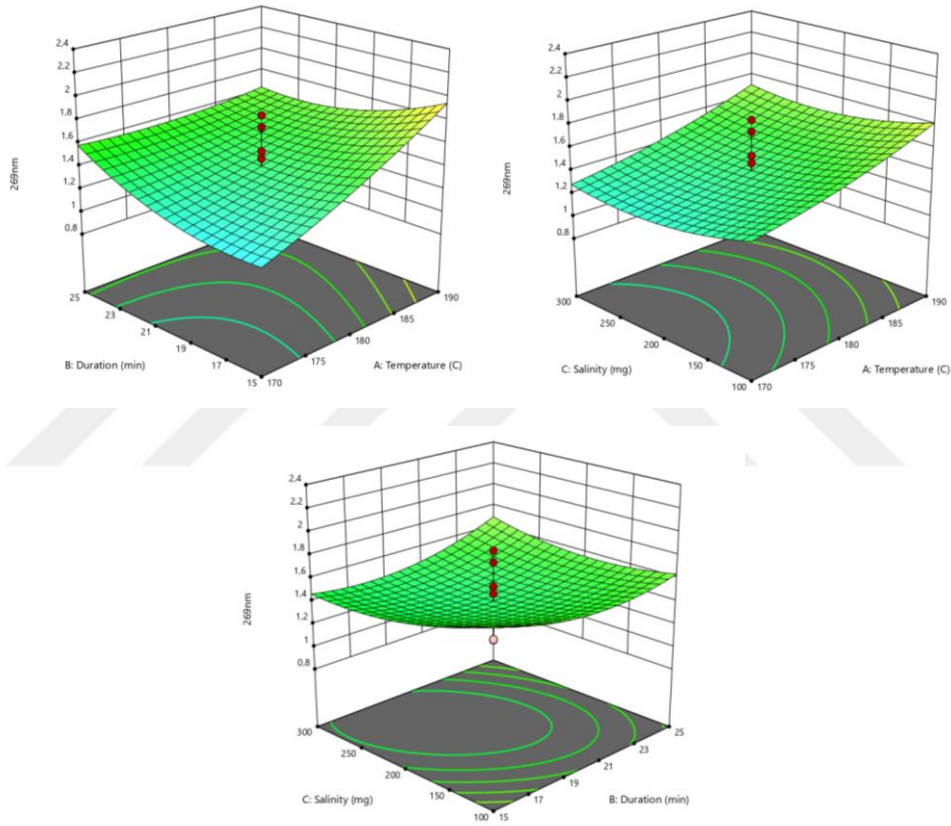
Peroksit sayısı (PV) tayininden elde edilen sonuçlar kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.22**'de verilmiştir. **Çizelge 4.5**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık ve süre arttıkça peroksit oluşumu da artmaktadır. Kullanılan tuz miktarının peroksit oluşumuna önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. En yüksek PV değeri, sıcaklığın 190°C, sürenin 25 dk ve tuzluluğun 100 mg olduğu şartlarda 54 meq/kg olarak bulunmuştur. Bununla birlikte sıcaklığın 180-190 °C ve sürenin 20-25 dk olduğu pişirme işlemlerinde 12-35 meq/kg peroksitin oluştuğu gözlenmiştir. Airfryer tekniği sürekli hareketli sıcak hava ile pişirme gerçekleştirdiğinden peroksit oluşuna neden olduğu görülmüştür.



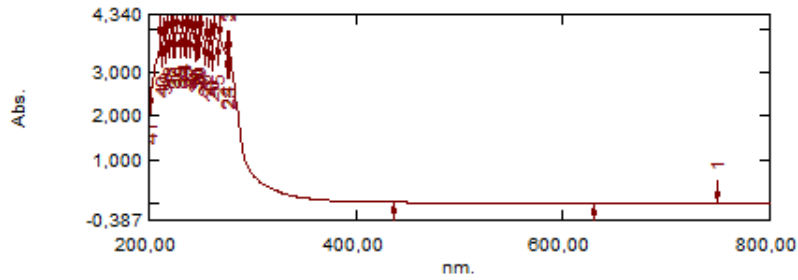
Şekil 4.22. Airfryer kızartma PV değerleri.

Uv-vis. spektrofotometre kullanılarak tayin edilen özgül absorbans taramalarından elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında yüksek miktarda oluşan birincil oksidasyon ürünlerinden (232 nm) dolayı doğru ölçümlerin yapılamadığı gözlenmiştir. Cihazın maksimum ölçüm değeri 4 olduğundan tarama sonuçları bu

değere yakın çıkmıştır. Birincil oksidasyon ürünlerinin tespit edilememesi dikkate alındığında peroksit sayısı açısından uyumlu olduğunu göstermektedir. 4 nolu numuneye ait spektrum **Şekil 4.24**' de verilmiştir. İkincil oksidasyon ürünleri (269 nm) sonuçları kullanılarak oluşturulan üç boyutlu grafikler **Şekil 4.22**'de verilmiştir. Grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık ve süre ile ikincil oksidasyon ürünlerinde de değişim görülmektedir. En yüksek ikincil oksidasyon ürünü sıcaklığın 196.8°C, sürenin 20 dk ve tuzluluğun 200 mg olduğu şartlarda 2,24 olarak bulunmuştur. Airfryer tekniği sürekli hareketli sıcak hava ile pişirme gerçekleştirdiğinden yemeklik yağlarda oluşan peroksitlerin çok hızlı bir şekilde ikincil oksidasyon ürünlerine dönüştüğü görülmüştür.

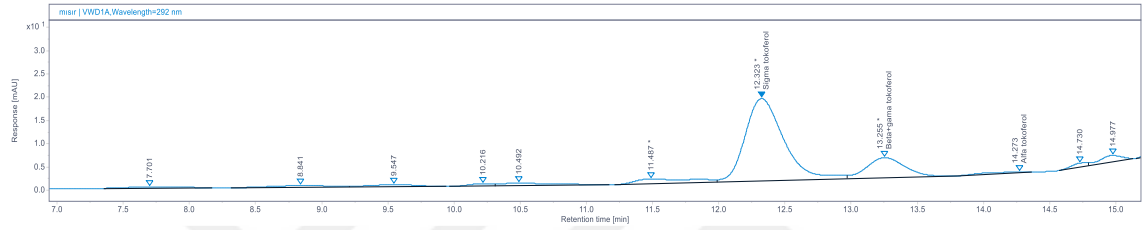


Şekil 4.23. Airfryer kızartma ikincil oksidasyon ürünleri.

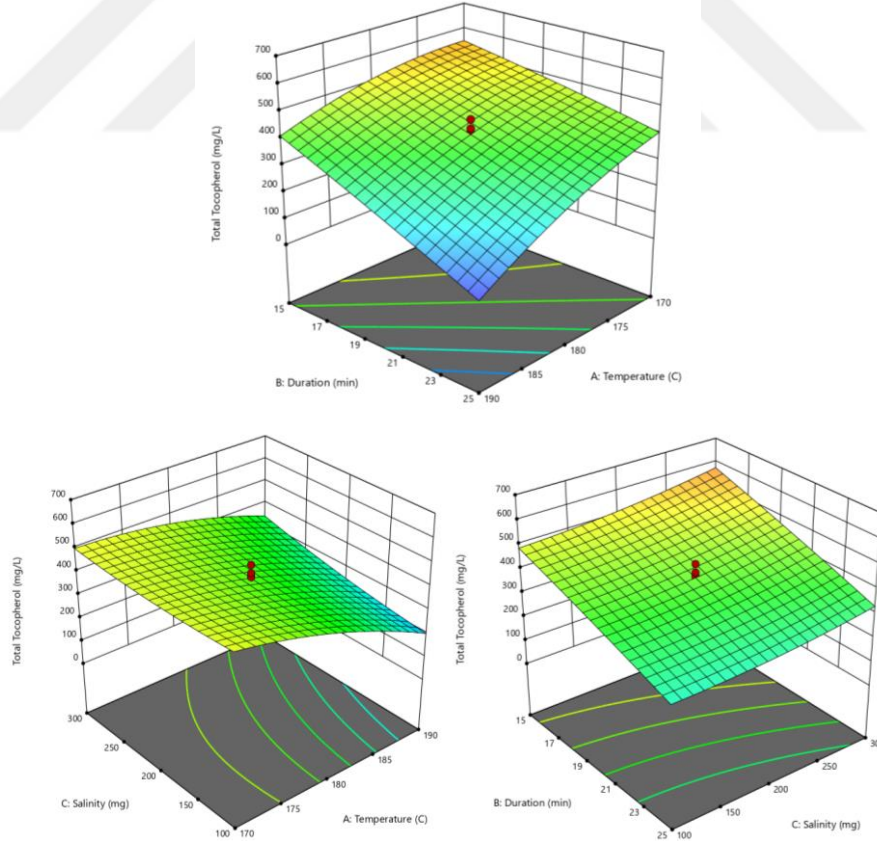


Şekil 4.24. 4 nolu numuneye ait Uv-vis spektrumu.

Toplam tokoferol miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.26**'de verilmiştir. **Çizelge 4.5**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere artan sıcaklık ve uzun süreli kızartmalarda toplam tokoferol miktarın da önemli bir azalmanın olduğu görülmüştür. Yüksek sıcaklık ve kısa süreli kızartmalarda kullanılan yüksek tuz miktarının tokoferollerin azalmasını engellediği tespit edilmiştir. En düşük tokoferol miktarı, sıcaklığın 190°C, sürenin 25 dk ve tuzluluğun 100 mg olduğu şartlarda 94,98 mg/kg olarak bulunmuştur. Airfryer tekniği sürekli hareketli sıcak hava ile pişirme gerçekleştirdiğinden yemeklik yağlarda bulunan ve yağı oksidasyona karşı koruyan tokoferoller okside ettiği ve yağın hızlı okside olmasına neden olduğu görülmüştür.



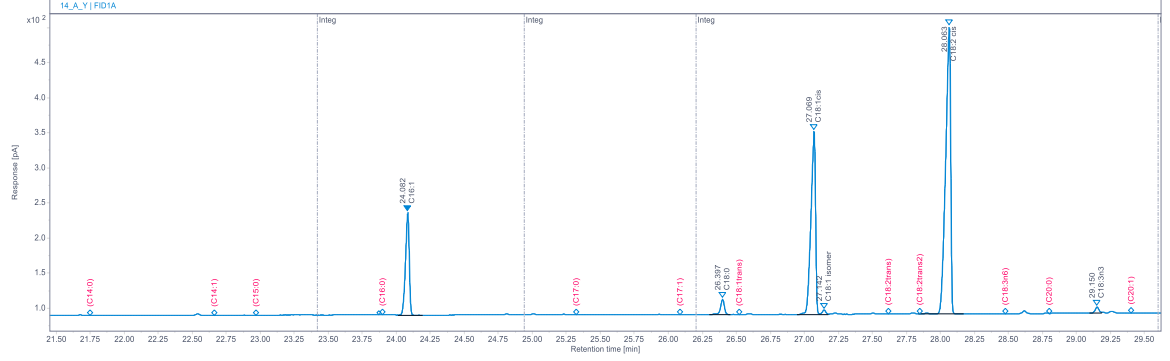
Şekil 4.25. Mısır yağı tokoferol analizi kromatogramı.



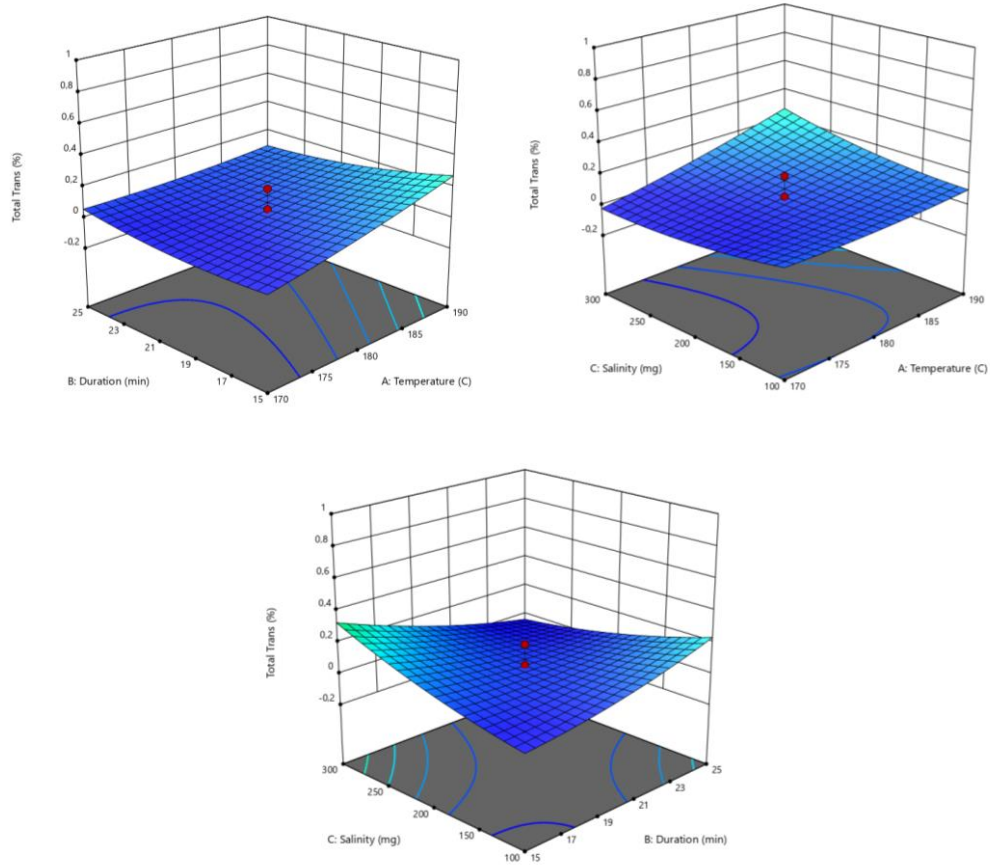
Şekil 4.26. Airfryer kızartma toplam tokoferol değerleri.

Toplam trans miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.28**'de verilmiştir. **Çizelge 4.5**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık ve

süre arttıkça toplam trans izomer miktarının da arttığı tespit edilmiştir. Ancak bu artışın çok fazla olmadığı görülmüştür. Kullanılan tuz miktarının trans izomer miktarı üzerine etkisinin olmadığı görülmüştür. En yüksek trans izomer miktarının, sıcaklığın 190°C, sürenin 15 dk ve tuzluluğun 300 mg olduğu şartlarda %0,84 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.27. Mısır yağı yağ asit kompozisyonu analizi kromatogramı.



Şekil 4.28. Airfey kızartma toplam trans değerleri.

4.2.2. Gıda Maddesi Olmadan Yapılan Derin Yağda Kızartma Denemesi

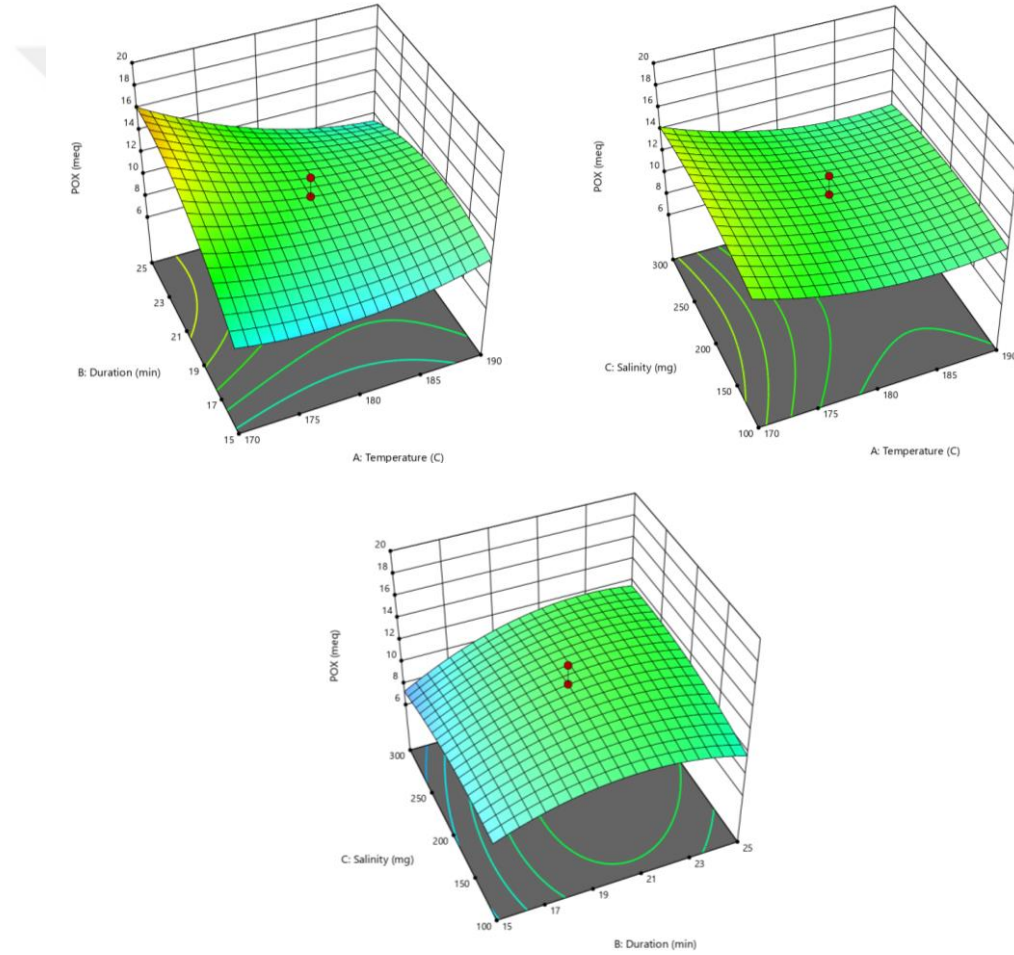
Parmak patates kullanmadan sadece mısır yağı kullanılarak yapılan derin kızartma işlemlerinde 10 gr yağ kullanılmıştır. Yapılan kızartma işlemlerinde kullanılan deneysel parametreler ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6 'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Mısır yağında gıda maddesi olmadan yapılan derin kızartma işlemi; kemomertik dizayn parametreleri ve sonuçları

Run	A:Sıcaklık (°C)	B: Süre (dk)	C: Tuzluluk (mg)	FFA (%)	PV (meq O ₂ /kg)	232 nm	269 nm	Toplam Tokoferol (mg/kg)	Toplam trans (%)
1	180	11,591	200	0,39	6,00	3,82	3,04	578,89	0,05
2	190	15	300	0,37	8,00	3,83	3,08	313,21	0,13
3	180	20	200	0,28	13,80	3,93	3,40	376,94	0,06
4	190	25	300	0,39	8,50	3,91	3,77	100,84	0,09
5	180	20	200	0,25	12,10	3,96	3,51	349,28	0,16
6	180	20	200	0,34	12,00	3,96	3,26	324,38	0,22
7	180	20	200	0,34	12,00	3,82	3,16	410,67	0,17
8	170	15	100	0,25	9,20	3,81	2,50	299,87	0,17
9	180	20	200	0,23	11,00	3,90	3,56	374,03	0,43
10	163,182	20	200	0,42	16,50	3,76	2,69	274,06	0,16
11	170	15	300	0,39	9,00	3,90	3,07	291,99	0,03
12	180	20	200	0,31	11,30	3,89	3,55	322,31	0,17
13	190	25	100	0,31	6,30	3,88	3,51	335,89	0,27
14	180	20	31,8207	0,34	12,40	3,96	3,51	258,85	0,22
15	170	25	300	0,31	18,50	3,89	3,02	144,36	0,19
16	196,818	20	200	0,31	16,70	3,96	3,55	166,47	0,13
17	180	20	200	0,37	12,00	3,91	3,31	311,75	0,04
18	180	28,409	200	0,31	9,00	3,95	3,74	243,23	0,14
19	190	15	100	0,25	8,00	3,90	2,95	367,32	0,10
20	180	20	368,179	0,37	9,00	3,81	1,95	243,99	0,23
21	170	25	100	0,25	14,00	3,95	2,76	131,06	0,16

Derin yağ ile gerçekleştirilen kızartma işlemi sonrasında oluşan %FFA değerleri incelendiğinde; %FFA değerlerinde çok önemli bir değişimin olmadığı ve 0,22 ile 0,37 arasında değiştiği görülmektedir. Farklı pişirme süresi, pişirme sıcaklığı ve tuzluluğun serbest yağ asidi oluşumuna etkileri açık bir şekilde ortaya konulamamaktadır.

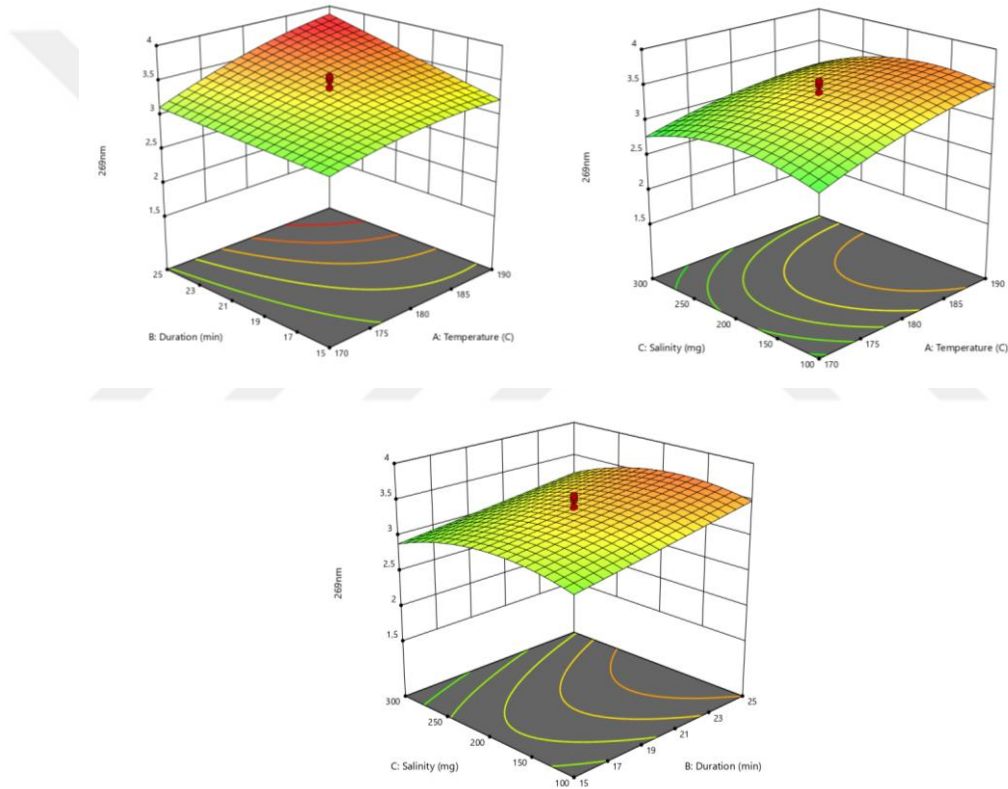
Peroksit sayısı (PV) tayininden elde edilen sonuçlar kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.6**'da verilmiştir. **Çizelge 4.29**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık, süre ve tuzluluk değişimi peroksit oluşumunu etkilemektedir. En yüksek PV değeri, sıcaklığın 170°C, sürenin 25 dk ve tuzluluğun 300 mg olduğu şartlarda 18,5 meq/kg olarak bulunmuştur.



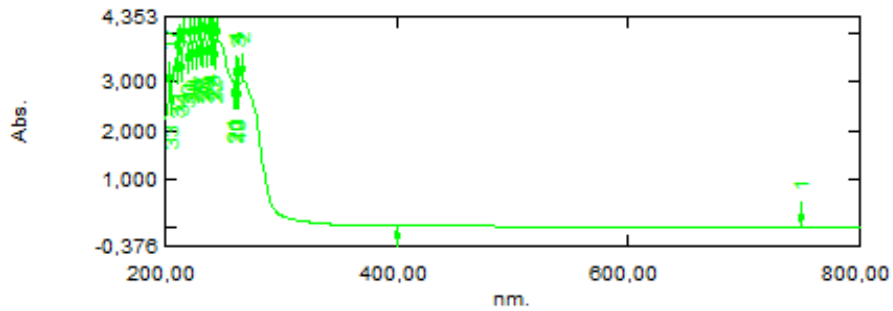
Şekil 4.29. Derin kızartma PV değerleri.

Uv-vis spektrofotometre kullanılarak tayin edilen özgül absorbanst taramalarından elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında yüksek miktarda oluşan birincil oksidasyon ürünlerinden (232 nm) dolayı doğru ölçümlerin yapılamadığı gözlenmiştir. Cihazın maksimum ölçüm değeri 4 olduğundan tarama sonuçları bu

değere yakın çıkmıştır. Birincil oksidasyon ürünlerinin tespit edilememesi dikkate alındığında peroksit sayısı açısından uyumlu olduğunu göstermektedir. 15 nolu numuneye ait spektrum **Şekil 4.31**'de verilmiştir. Özgül absorbans ölçümlerinden elde edilen ikincil oksidasyon ürünlerine (269 nm) ait sonuçlar **Çizelge 4.6**'de ve bu değerlerden oluşturulan üç boyutlu grafikler **Şekil 4.30**'de verilmiştir. Grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık ve sürenin yüksek olduğu yerde çok yüksek ikincil oksidasyon ürünlerinin oluştuğu görülmektedir. En yüksek ikincil oksidasyon ürünü sıcaklığın 190 °C, sürenin 25 dk ve tuzluluğun 300 mg olduğu şartlarda 3,77 olarak bulunmuştur. Kullanılan en düşük tuz miktarının özgül absorbans değerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

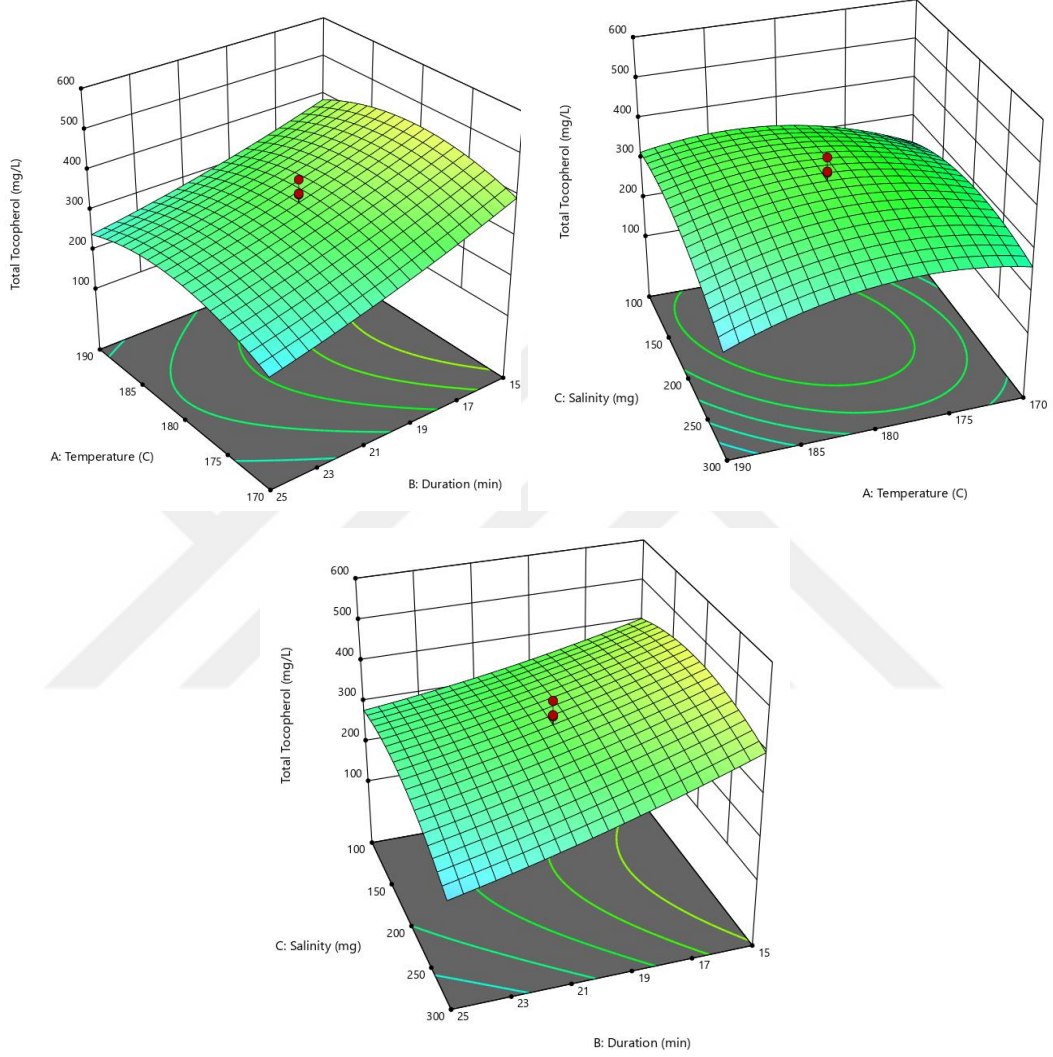


Şekil 4.30. Derin kızartma ikincil oksidasyon ürünleri.



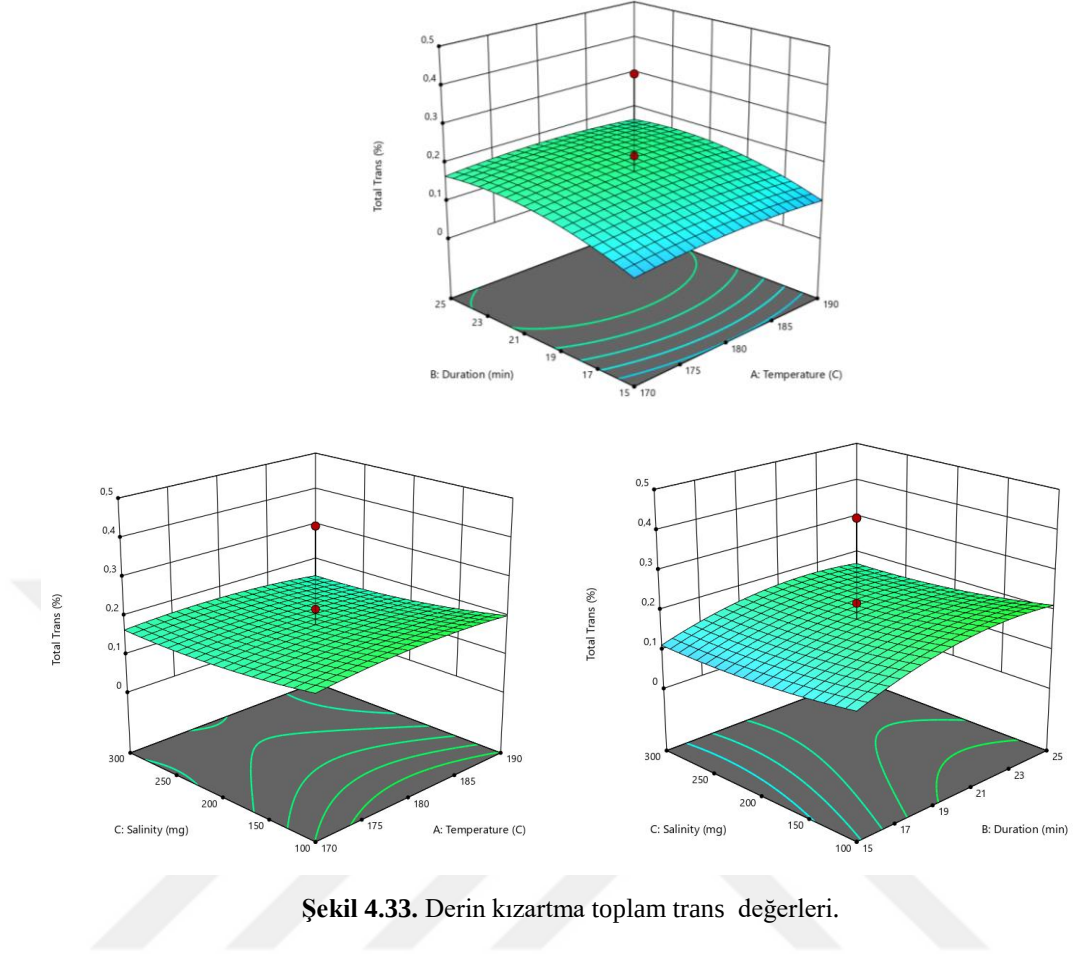
Şekil 4.31. 15 nolu numuneye ait Uv-vis spektrumu.

Toplam tokoferol miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.32**'de verilmiştir. **Çizelge 4.6**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere artan sıcaklık, kızartma süre ve tuzluluk toplam tokoferol miktarına etki ettiği tespit edilmiştir. En düşük toplam tokoferol miktarı sıcaklığın 190 °C, sürenin 25 dk ve tuzluluğun 300 mg olduğu şartlarda 100,06 mg/kg olarak bulunmuştur.



Şekil 4.32. Derin kızartma toplam tokoferol değerleri.

Toplam trans miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.33**'de verilmiştir. **Çizelge 4.6**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık, süre ve tuzluluk miktarlarının trans izomer oluşumu üzerine etkisinin olduğu görülmüştür. Ancak bu değişkenlerin toplam trans izomer miktarını çok arttırmadıkları gözlenmiştir.



Şekil 4.33. Derin kızartma toplam trans değerleri.

4.2.3. Parmak Patates ile Airfryerde Kızartma

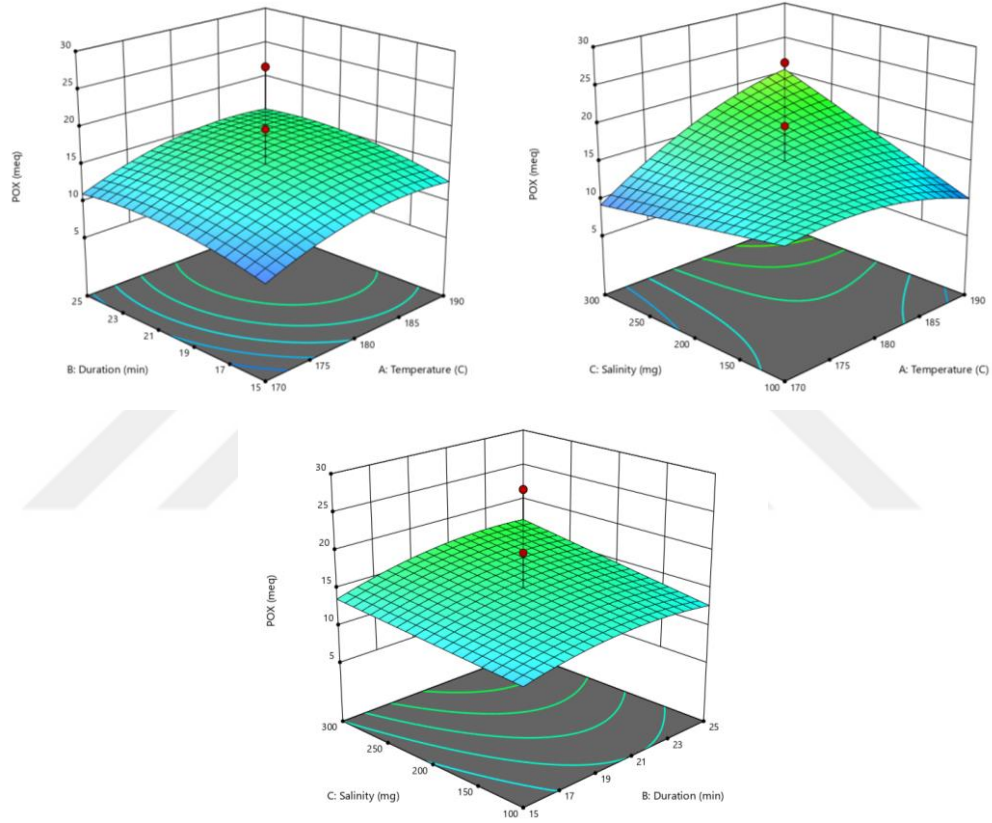
Parmak patates kullanarak mısır yağı ile yapılan airfryer kızartma işlemlerinde 250 gr parmak patates ve 10 gr yağ kullanılmıştır. Yapılan kızartma işlemlerinde kullanılan deneysel parametreler ve elde edilen sonuçlar **Çizelge 4.7**'de verilmiştir. Bu taylorlardan elde edilen sonuçlardan bazıları merkezi kompozit tasarımıda cevap değeri olarak kullanılmış ve üç boyutlu grafikler çizilmiştir.

Airfryer tekniği ile gerçekleştirilen kızartma işlemi sonrasında oluşan %FFA değerleri incelendiğinde; %FFA değerlerinde sıcaklığın, sürenin ve tuzluluğun etkili olduğu görülmüştür. Ancak bu değişimin etkileri açık bir şekilde ortaya konulamamaktadır. Bu değerler 0,87 ile 0,39 arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.7. Mısır yağında parmak patates ile airfryer kızartma işlemi; kemomertik dizayn parametreleri ve sonuçları

Run	A: Sıcaklık (°C)	B: Süre (dk)	C: Tuzluluk (mg)	FFA (%)	PV (meq O ₂ /kg)	232 nm	269 nm	Toplam Tokoferol (mg/kg)	Toplam trans (%)
1	180	11,591	200	0,48	10,60	3,78	2,13	277,11	0,07
2	190	15	300	0,48	19,60	3,77	2,03	329,01	0,22
3	180	20	200	0,39	19,80	3,86	2,24	315,99	0,02
4	190	25	300	0,87	26,20	3,95	2,23	321,27	0,03
5	180	20	200	0,82	28,00	3,94	2,09	289,46	0,10
6	180	20	200	0,51	12,00	3,86	1,89	219,74	0,15
7	180	20	200	0,79	13,60	3,95	1,99	335,02	0,04
8	170	15	100	0,39	8,20	3,94	2,12	331,48	0,18
9	180	20	200	0,65	14,80	3,84	2,30	323,07	0,12
10	163,182	20	200	0,59	8,20	3,86	2,27	370,65	0,11
11	170	15	300	0,71	7,60	3,92	2,20	420,72	0,05
12	180	20	200	0,39	9,40	3,73	1,98	349,50	0,04
13	190	25	100	0,45	9,60	3,90	1,94	388,43	0,11
14	180	20	31,8207	0,59	16,00	3,91	2,03	304,61	0,03
15	170	25	300	0,56	11,40	3,87	2,02	326,60	0,16
16	196,818	20	200	0,62	9,80	3,95	2,21	317,87	0,12
17	180	20	200	0,65	8,60	3,96	2,05	225,73	0,09
18	180	28,409	200	0,90	10,20	3,94	2,10	298,83	0,15
19	190	15	100	0,71	7,80	3,81	2,00	348,41	0,12
20	180	20	368,179	0,62	12,20	3,87	2,09	329,53	0,09
21	170	25	100	0,59	11,80	3,93	1,57	109,34	0,16

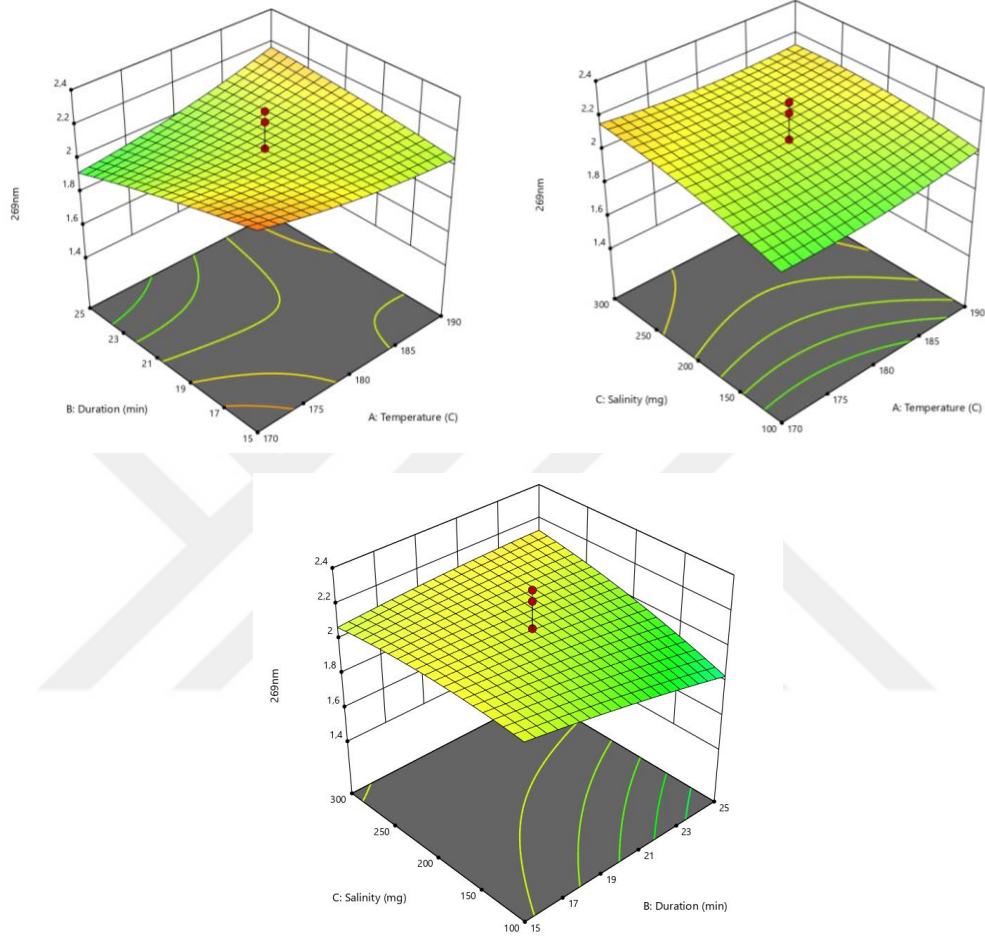
Peroksit sayısı (PV) tayininden elde edilen sonuçlar kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.34**'de verilmiştir. **Çizelge 4.7**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık ve sürenin önemli bir etkisi olduğu görülmektedir. Kullanılan yüksek tuzluluk ve sıcaklık da peroksit miktarının arttığı görülmüştür. En yüksek PV değeri, sıcaklığın 180°C, sürenin 20 dk ve tuzluluğun 200 mg olduğu şartlarda 28 meq/kg olarak bulunmuştur. Airfryer tekniği sürekli hareketli sıcak hava ile pişirme gerçekleştirdiğinden yemeklik yağlarda peroksit oluşuna neden olduğu görülmüştür.



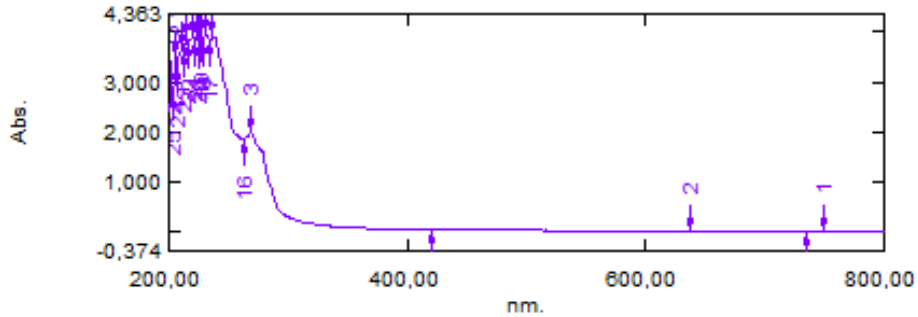
Şekil 4.34. Airfryer kızartma PV değerleri.

Uv-vis spektrofotometre kullanılarak tayin edilen özgül absorbanst taramalarından elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında yüksek miktarda oluşan birincil oksidasyon ürünlerinden (232 nm) dolayı doğru ölçümlerin yapılamadığı gözlenmiştir. Cihazın maksimum ölçüm değeri 4 olduğundan tarama sonuçları bu değere yakın çıkmıştır. Birincil oksidasyon ürünlerinin tespit edilememesi dikkate alındığında peroksit sayısı açısından uyumlu olduğunu göstermektedir. 7 nolu numuneye ait spektrum **Şekil 4.36**'de verilmiştir. Özgül absorbanst ölçümlerinden elde edilen ikincil oksidasyon ürünlerine ait sonuçlar **Çizelge 4.7**'de ve bu değerlerden

oluşturulan üç boyutlu grafikler **Şekil 4.35**'de verilmiştir. İkincil oksidasyon ürünleri (269 nm) sonuçları değerleri dikkate alındığında net bir değişim olduğu gözlenmiştir. Airfryer tekniği sürekli hareketli sıcak hava ile pişirme gerçekleştirdiğinden yemeklik yağlarda oluşan peroksitlerin çok hızlı bir şekilde ikincil oksidasyon ürünlerine dönüştüğü görülmüştür.



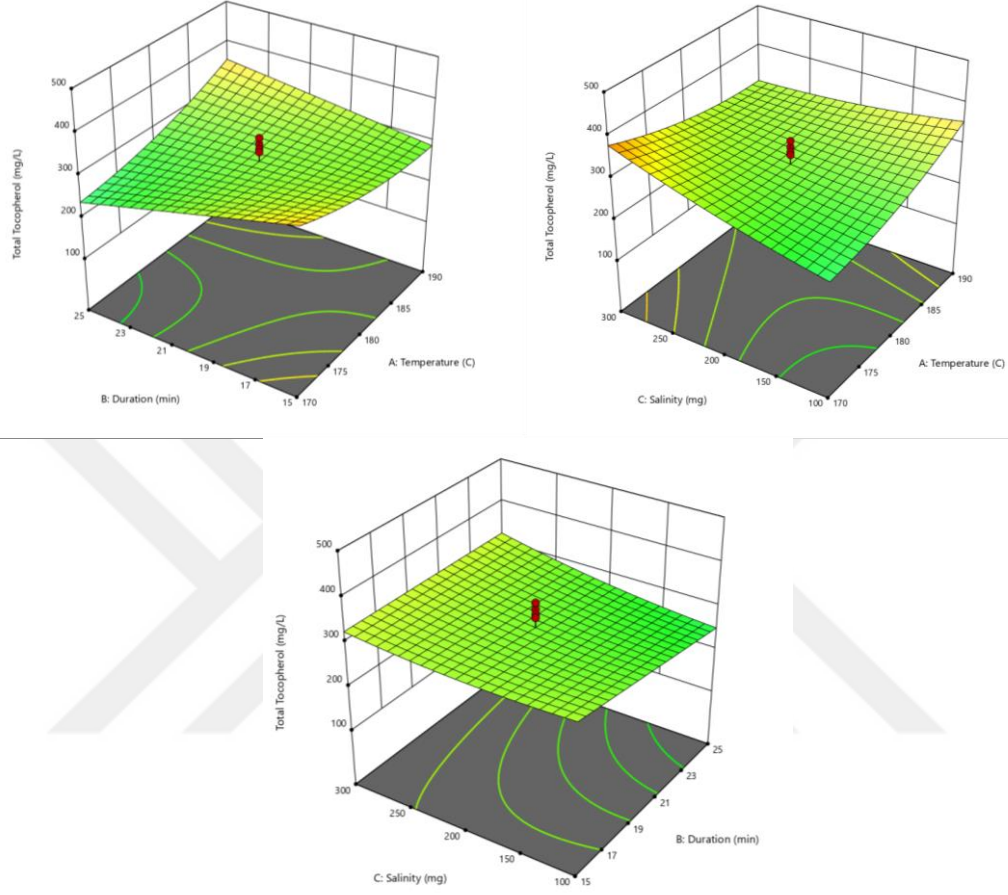
Şekil 4.35. Airfryer kızartma ikincil oksidasyon ürünleri.



Şekil 4.36. 5 nolu numuneye ait Uv-vis spektrumu.

Toplam tokoferol miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.37**'de verilmiştir. **Çizelge 4.7**'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere süre,

sıcaklık ve tuzluluğun toplam tokoferol içeriğine etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Hem gıda maddesi kullanılmadan hem de parmak patates kullanılarak yapılan airfryer pişirme işlemleri kıyaslandığında parmak patatesli kızartmada toplam tokoferol içeriğinin daha fazla azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.37. Airfryer kızartma toplam tokoferol değerleri.

Yağ asit kompozisyonu analizinden elde edilen toplam trans izomer miktarları dikkate alındığında parmak patatesle yapılan airfryer kızartmada trans izomer oluşumunun çok fazla olmadığı gözlenmiştir. Toplam trans izomer oluşumunda parmak patates kullanımının trans izomer oluşumunu arttırmadığı görülmüştür.

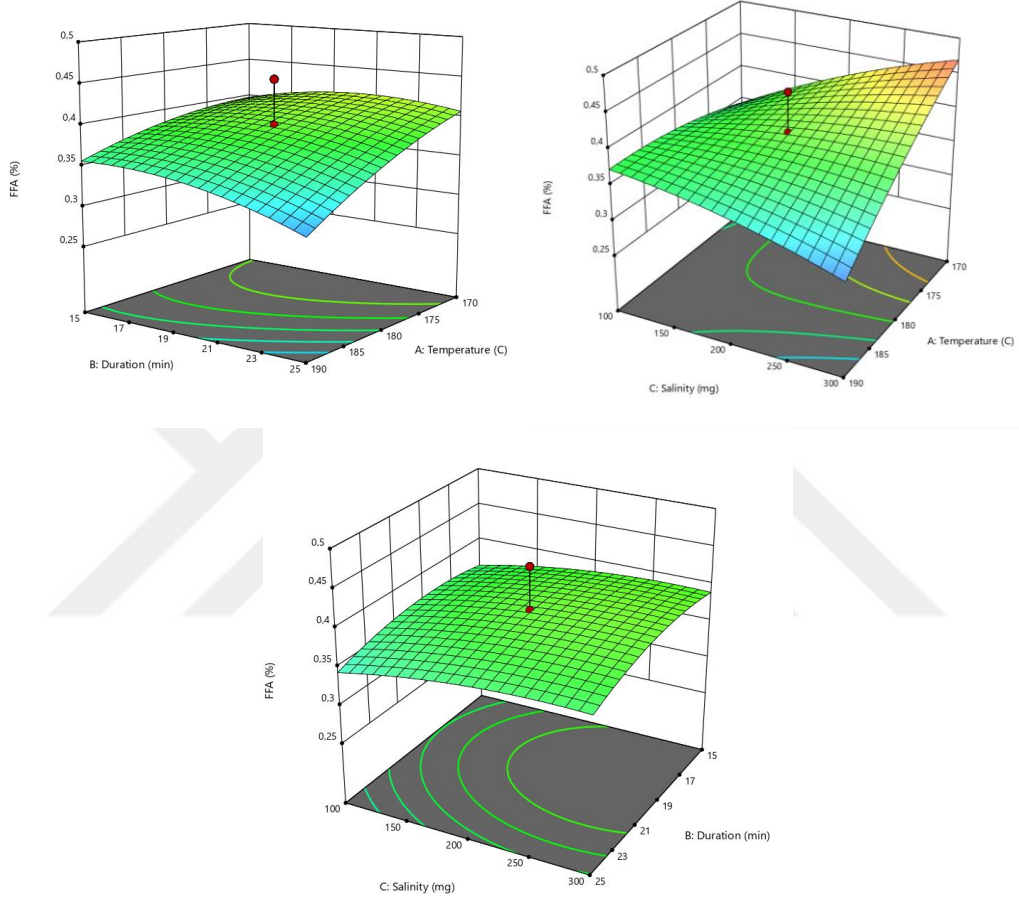
4.2.4. Parmak Patates ile Derin Kızartma

Parmak patates kullanarak ayçiçek yağı ile yapılan derin yağ kızartma işlemlerinde 250 gr parmak patates ve 50 gr yağ kullanılmıştır. Yapılan kızartma işlemlerinde kullanılan deneysel parametreler ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8`de verilmiştir. Bu tayinlerden elde edilen sonuçlar merkezi kompozit tasarımda cevap değeri olarak kullanılmış ve üç boyutlu grafikler çizilmiştir.

Çizelge 4.8. Mısır yağında parmak patates ile derin kızartma işlemi; kemomertik dizayn parametreleri ve sonuçları

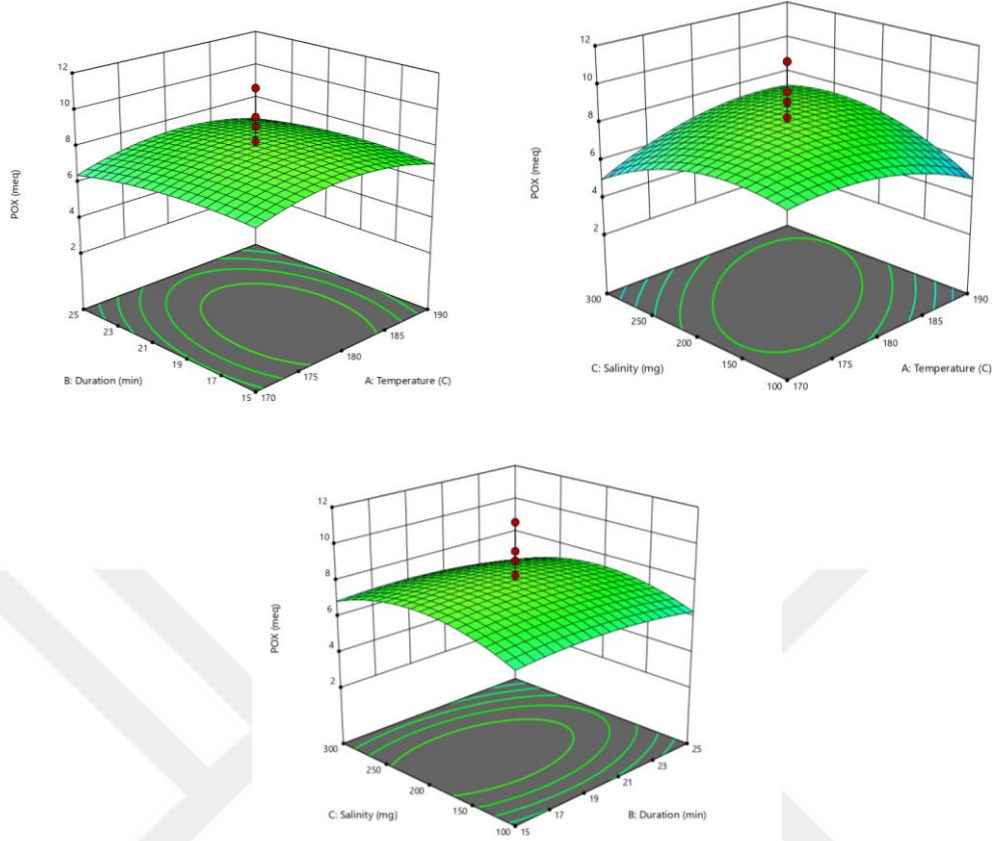
Run	A:Sıcaklık (°C)	B: Süre (dk)	C: Tuzluluk (mg)	FFA (%)	PV (meq O ₂ /kg)	232 nm	269 nm	Toplam Tokoferol (mg/kg)	Toplam trans (%)
1	180	11,591	200	0,42	8,00	3,67	2,12	411,36	0,44
2	190	15	300	0,28	5,92	3,94	3,14	303,85	0,31
3	180	20	200	0,31	6,52	3,90	2,65	383,41	0,28
4	190	25	300	0,28	7,20	3,86	2,34	369,47	0,24
5	180	20	200	0,34	11,20	3,86	2,36	334,48	0,27
6	180	20	200	0,34	8,32	2,62	1,46	473,38	0,16
7	180	20	200	0,45	9,12	3,60	2,04	460,29	0,21
8	170	15	100	0,28	6,40	3,88	2,48	435,56	0,14
9	180	20	200	0,39	9,64	3,19	1,78	489,24	0,13
10	163,182	20	200	0,42	4,96	3,66	2,34	456,70	0,10
11	170	15	300	0,45	5,68	3,60	1,81	430,56	0,11
12	180	20	200	0,45	5,08	3,49	2,24	517,52	0,15
13	190	25	100	0,31	3,88	3,89	3,12	385,53	0,26
14	180	20	31,8207	0,39	4,80	3,88	1,77	343,52	0,22
15	170	25	300	0,48	4,08	3,85	1,92	374,90	0,11
16	196,818	20	200	0,34	6,40	3,82	2,10	438,34	0,21
17	180	20	200	0,45	6,56	3,78	2,02	340,03	0,09
18	180	28,409	200	0,31	6,04	3,56	1,64	337,05	0,05
19	190	15	100	0,34	4,92	3,27	1,53	469,42	0,06
20	180	20	368,179	0,37	4,92	3,97	2,83	436,71	0,00
21	170	25	100	0,34	7,48	3,98	3,21	329,74	0,16

Derin yağ ile gerçekleştirilen kızartma işlemi sonrasında oluşan %FFA değerleri incelendiğinde; %FFA değerlerinde uzun kızartma süresi ve yüksek tuzlulukta %FFA'nın yüksek olduğu görülmüştür. Kullanılan yüksek tuz miktarının uzun sürede %FFA'da artışa neden olduğu **Şekil 4.38'** de görülmektedir. En yüksek %FFA değerinin 170 °C, 25 dk ve 300mg tuzlulukta (0.48) oluştuğu gözlenmiştir.



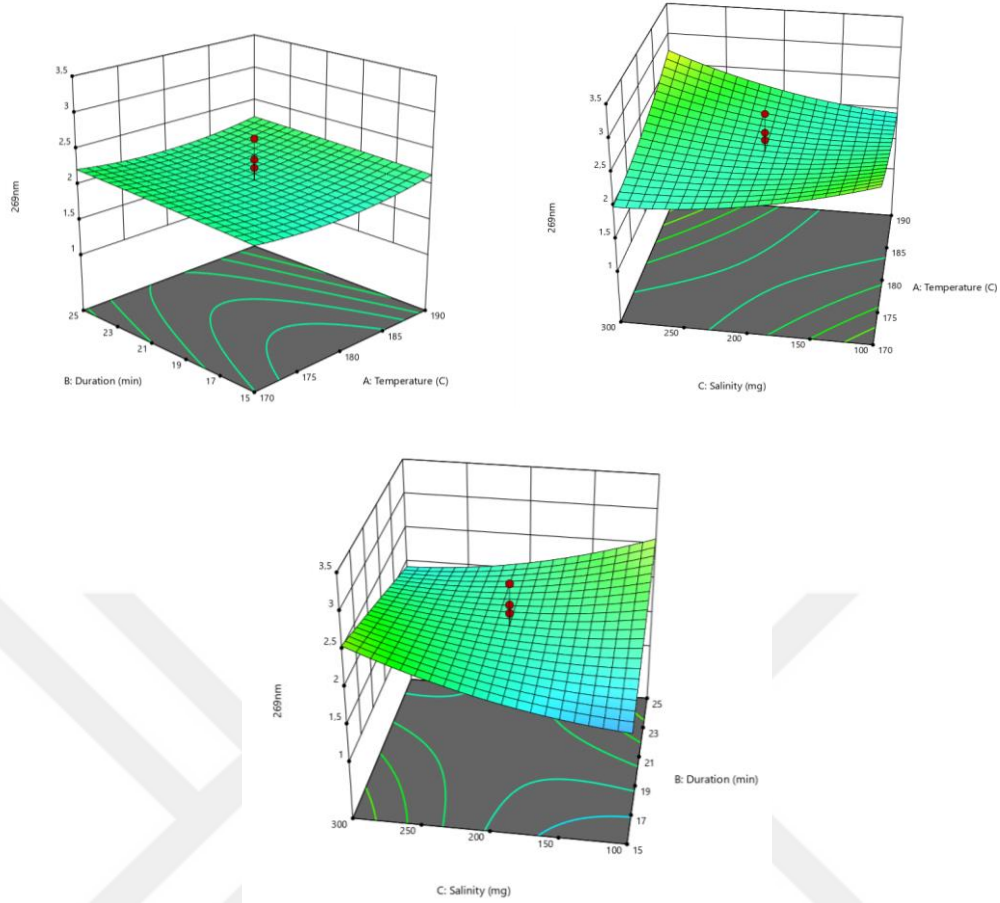
Şekil 4.38. Derin kızartma % FFA değerleri.

Peroksit sayısı (PV) tayininden elde edilen sonuçlar kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler **Şekil 4.39'**de verilmiştir. **Çizelge 4.8'**den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık, süre ve tuzluluk değişimi peroksit oluşumu üzerine önemli bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan yüksek tuz miktarı, yüksek sıcaklık ve uzun sürede peroksit oluşumunun arttırdığı görülmüştür.

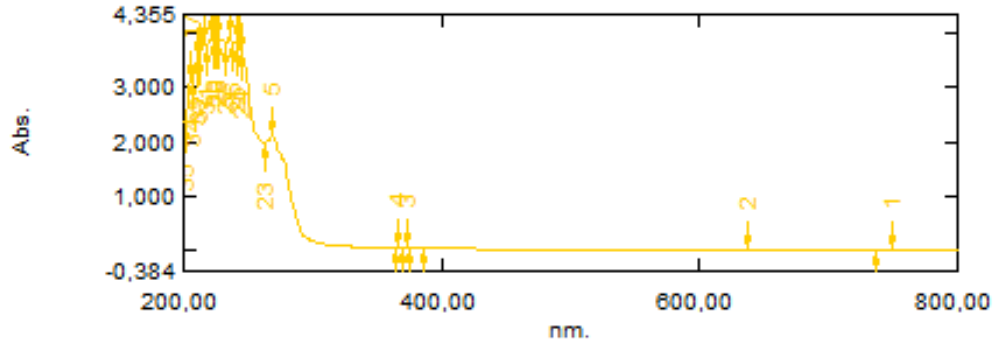


Şekil 4.39. Derin kızartma PV değerleri.

Uv-vis. spektrofotometre kullanılarak tayin edilen özgül absorptans taramalarından elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında yüksek miktarda oluşan birincil oksidasyon ürünlerinden (232 nm) dolayı doğru ölçümlerin yapılamadığı gözlenmiştir. Cihazın maksimum ölçüm değeri 4 olduğundan tarama sonuçları bu değere yakın çıkmıştır. Birincil oksidasyon ürünlerinin tespit edilememesi dikkate alındığında peroksit sayısı açısından uyumlu olduğunu göstermektedir. 16 nolu numuneye ait spektrum Şekil 4.41’de verilmiştir. Özgül absorptans ölçümlerinden elde edilen ikincil oksidasyon ürünlerine (269 nm) ait üç boyutlu grafikler Şekil 4.40’de verilmiştir. Grafiklerden de görüleceği üzere yüksek sıcaklık ve uzun süreli kızartmalarda ikincil oksidasyon ürünlerinde önemli bir artış görülmemektedir.



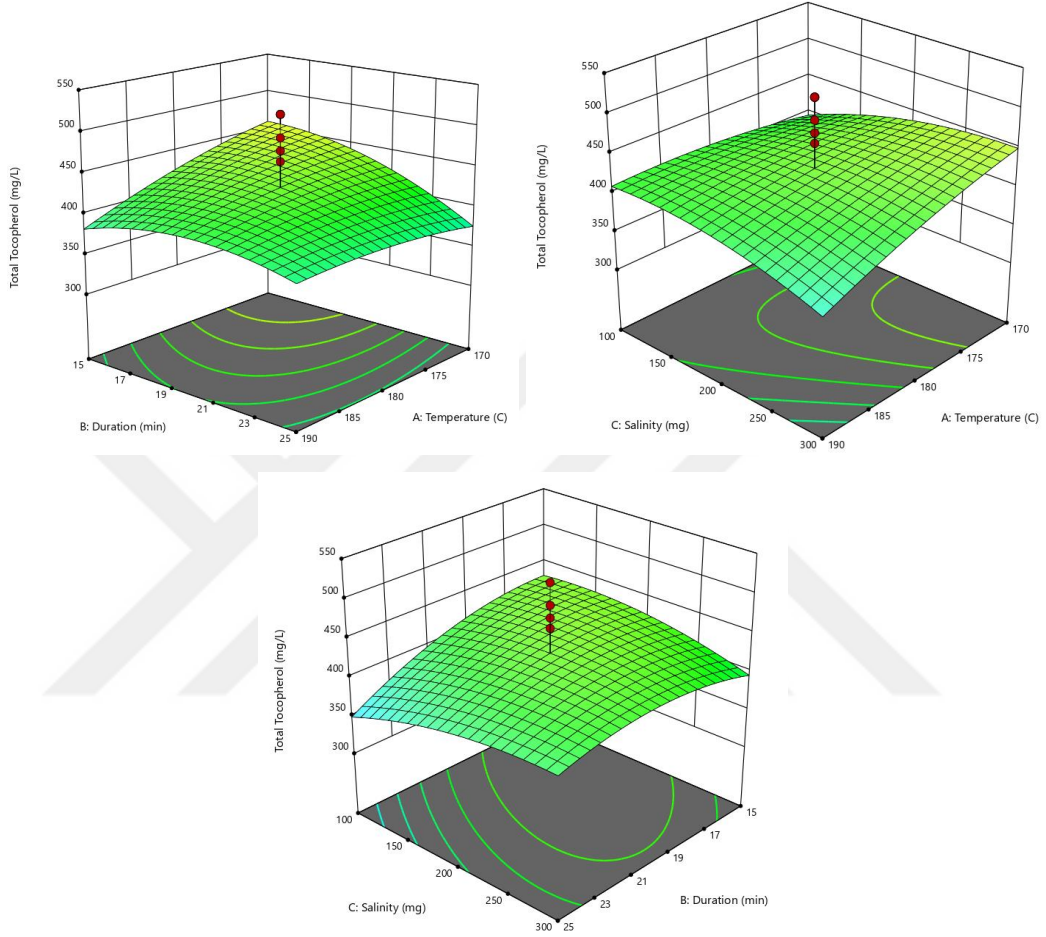
Şekil 4.40. Derin kızartma ikincil oksidasyon ürünleri.



Şekil 4.41. 16 nolu numuneye ait Uv-vis spektrumu.

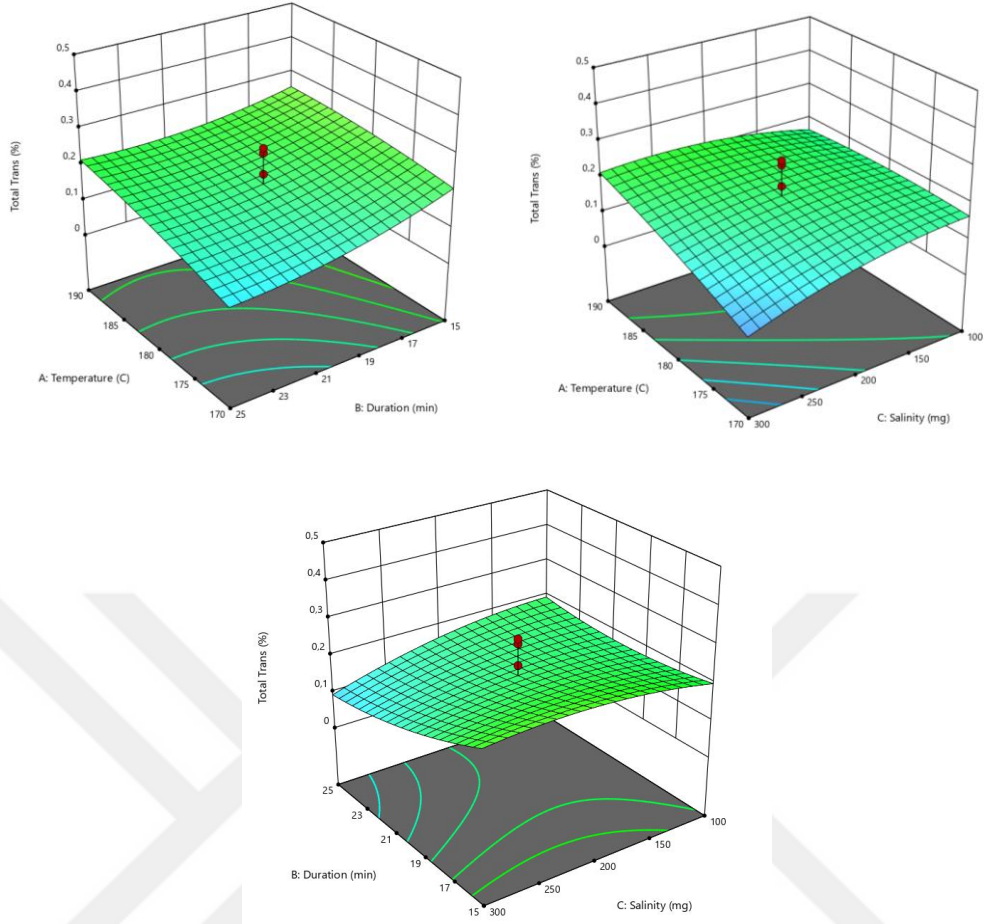
Toplam tokoferol miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler Şekil 4.42'de verilmiştir. Çizelge 4.8'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere yüksek sıcaklık ve uzun kızartma sürelerinde tokoferol miktarında önemli bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. En düşük tokoferol miktarı, sıcaklığın 190°C, sürenin 15 dk ve

tuzluluğun 300 mg olduğu şartlarda 303,85 mg/kg olarak bulunmuştur. Airfryer tekniği sürekli hareketli sıcak hava ile pişirme gerçekleştirdiğinden yemeklik yağlarda bulunan ve yağı oksidasyona karşı koruyan tokoferoller okside ettiği ve yağın hızlı okside olmasına neden olduğu görülmüştür.



Şekil 4.42. Derin kızartma toplam tokoferol değerleri.

Toplam trans miktarları kullanılarak çizilen üç boyutlu grafikler Şekil 4.43' de verilmiştir. Çizelge 4.8'den ve üç boyutlu grafiklerden de görüleceği üzere sıcaklık, süre ve tuzluluk değişiminin toplam trans izomer miktarında önemli bir değişime sebep olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.43. Derin kızartma toplam trans değerleri.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Son yıllarda sıklıkla karşımıza çıkmaya başlayan ve tencerede pişirme, kızartma ve mikrodalgada pişirme teknolojilerine alternatif olarak sunulan ve sıcak havayla pişirme yöntemi olarak bilinen airfryer üzerine çalışmalar artmaktadır. Bu yöntemde, sıcak hava gıda maddeleri üzerinde yüksek hızda dolaştırarak pişirme gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemin en büyük avantajı çok az veya hiç yağ olmadan çalışmasıdır (Zaghi ve ark., 2019). Aifreyer ile çok fazla çalışma bulunurken bitkisel yağlar üzerindeki etkilerine ilişkin çalışmalar çok yenidir.

Airfryer ve derin kızartma teknikleri kullanılarak ayçiçek ve mısır yağlarının fiziko-kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişiklere tuzluluk, pişirme süresi ve sıcaklığın etkilerini merkezi kompozit tasarım kullanılarak tespit etmek için ayçiçek ve mısır yağları gıda maddesi olmadan ve dondurulmuş parmak patatesler kullanılarak hem airfryer hem de derin yağda kızartma işlemleri gerçekleştirilmiş, pişirme işlemleri sonunda kalan yağlardaki serbest yağ asidi (FFA), peroksit sayısı (PV), özgül absorbans, tokoferol ve yağ asit kompozisyonu analizleri gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması boyunca gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Ayçiçek yağı kullanılarak herhangi bir gıda maddesi içermeyen kızartma işlemleri sonunda yağlar üzerinde yapılan analizler kıyaslandığında her iki kızartma işleminin %FFA üzerine direk bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. PV, özgül absorbans, toplam tokoferol ve toplam trans izomer analiz sonuçları değerlendirildiğinde; derin kızartmaya kıyasla airfryer pişirme tekniğinin yağın PV değerini yaklaşık 5 kat, trans izomer ile birincil ve ikincil oksidasyon ürünlerini arttırdığı, toplam tokoferol miktarını ise sıcaklık ve süreye bağlı olarak çok fazla miktarda azalttığı gözlenmiştir.

Ayçiçek yağı kullanılarak gerçekleştirilen parmak patates kızartma işlemleri sonunda yağlar üzerinde yapılan analizler kıyaslandığında her iki kızartma işleminin %FFA ve toplam trans izomer oluşumu üzerine direk bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. PV, özgül absorbans ve toplam tokoferol analiz sonuçları değerlendirildiğinde; derin kızartmaya kıyasla airfryer pişirme tekniğinin yağın PV değerini ile birincil oksidasyon ürünlerini çok fazla miktarda arttırdığı tespit edilmiştir. Derin kızartma işleminin ise toplam tokoferol miktarını yüksek sıcaklık ve uzun süreye

bağlı olarak çok fazla miktarda azalttığı ve ikincil oksidasyon ürünlerinde de airfryere göre daha fazla oluşumuna neden olduğu gözlenmiştir.

Mısır yağı kullanılarak herhangi bir gıda maddesi içermeyen kızartma işlemleri sonunda yağlar üzerinde yapılan analizler kıyaslandığında her iki kızartma işleminin %FFA ve trans izomer oluşumu üzerine direk bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Ancak derin kızartmada %FFA değeri airfryere göre daha fazla arttığı görülmüştür. PV analiz sonuçları değerlendirildiğinde; derin kızartmaya kıyasla airfryer pişirme tekniğinin yağın PV değerini çok fazla arttırdığı görülmektedir. Bunun yanı sıra derin kızartma işleminde ise birincil ve ikincil oksidasyon ürünlerini çok fazla miktarda arttırdığı, toplam tokoferol miktarını ise sıcaklık ve süreye bağlı olarak daha fazla azaldığı gözlenmiştir.

Mısır yağı kullanılarak gerçekleştirilen parmak patates kızartma işlemleri sonunda yağlar üzerinde yapılan analizler kıyaslandığında her iki kızartma işleminin toplam trans izomer oluşumu üzerine direk bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. %FFA ve PV analiz sonuçları değerlendirildiğinde; derin kızartmaya kıyasla airfryer pişirme tekniğinin yağın %FFA ve PV değerini arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca airfryer kızartma işleminin derin yağda kızartma işlemine göre toplam tokoferol miktarını yüksek sıcaklık ve uzun süreye bağlı olarak çok fazla miktarda azalttığı gözlenmiştir.

Sonuç olarak; bu tez çalışması ile, şimdiye kadar bitkisel yağların fiziko-kimyasal özellikleri üzerine etkileri incelenmemiş olan airfryer ve derin kızartma pişirme tekniklerinin ayçiçek ve mısır yağlarının serbest yağ asidi (FFA), peroksit sayısı (PV), konjuge dien ve trien (özgül abs.), tokoferol, trans izomer oluşum parametreleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar tek tek değerlendirilerek yağlar üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Bu çalışma ile airfryer pişirme tekniğinin derin kızartma tekniğine karşı üstünlükleri ve zararları ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

- Anonim, Rosemary Extract, PLT Press, Winter, 263pp.
- Amino Acid Losses in a Whey Protein - methyl Linolenate Model System Brit. J. Nutr., 53 : 61 - 73, 1985.
- Aluyor, E.O. and M. Ori-Jesu, 2008. The use of antioxidants in vegetable oils—A review. African Journal of Biotechnology, 7(25).
- Alım, H. Derin Yağda Kızartma İşlemi ve Kızartma Yağında Oksidatif Değişmeler, Gıda, 3 (6) : 233 - 236, 1978.
- Andrès, A., Arguelles, A., 'Castello, ' M. L., & Heredia, A. (2013). Mass transfer and volume changes in French fries during air frying. Food and Bioprocess Technology, 6, 1917–1924.
- Anonymous, 1989, Farm accountancy data network, an A-Z of methodology” Commission Report of the EC, Brussels, 16-19.
- AOCS. 1998. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists’ Society. 4th edition, Champaign, IL: AOCS Press.
- AOCS, (1998). American Oil Chemists’ Society Official Method Ca 5a-40, AOCS Press: Champaign, IL.
- Arafat, SM (2014). Sağlıklı kızarmış patates seritlerinin retimi için yeni bir teknik olan havayla kızartma.
- Arslan, M., Xiaobo, Z., Shi, J., Rakha, A., Hu, X., Zareef, M., & Basheer, S. (2018). Oil uptake by potato chips or French fries: A review. European Journal of Lipid Science and Technology, 120(10), 1800058.
- Ayyıldız, H.F.. 2010. Otomatikleştirilmiş akış enjeksiyon sistemleriyle yağ analiz metodlarının geliştirilmesi. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.1-13
- Baysal, Ayşe, Beslenme, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 1996.
- Başoğlu, F. (2006). Yemeklik yağ teknolojileri, Nobel Yayın Dağıtım.
- Baydar H, Erbaş S, 2014. Yağ Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:97, Isparta.
- Baydar, H. and İ. Turgut, (1999). Yağlı tohumlu bitkilerde yağ asitleri kompozisyonunun bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklere ve ekolojik bölgelere göre değişimi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(1): s. 81-86.
- Bordoulina, A.A. and Popov, P.S. (1974) Proc. 6th Int. Sunflower Conf., Bucharest, Romania, July 1974. Dalal, R.C. and Mayer, R.J. (1986) Long term trend in fertility of soil under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland II. J. Soil Res., 24, 281-292.
- Caponio, F.; Pasqualone, A.; Gomes, T. Konvansiyonel Mikrodalga Isıtmaya Sunulan Model Hamurlardaki Bitkisel Yağların Yağ Asidi Bileşimindeki Değişiklikler. Uluslararası Gıda Bilimi Teknolojisi Dergisi 2003, 38, 481–486.
- Chazali. H.M., Abdulkarim, S.M., Long. K., Lai, O.M. ve Muhammad. S.K.S. 2007. Frying quality and stability of high-oleic Moringa oleifera seed oil in comparison with other vegetable oils. Food Chemistry, 105. 1382-1389.
- Choe, E., & Min, D. B. (2007). Chemistry of Deep-Fat Frying Oils. Journal of Food Science, 72(5), R77–R86.
- Chow Ching K (1985). Vitamin E and blood. World Rev. Nutr. Diet 45: 133-166.

- CHU, Y.H., L.H. LİN, 1991. An Evaluation of Commercial Nickel Catalysts During Hydrogenation of Soybean Oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 68(9): 680-682.
- Cabi, O. : İşlemede Meydana Gelen Gıda Kayıpları ve Gıdaların Katkılarıyla Zenginleştirilmesi, Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No.4, S an Mat., Ankara, 1982.
- Dağlıoğlu, O., Tağan, M., Tunçel, B. 2002. Determination of fatty acid composition and total trans fatty acids in cereal-based Turkish foods. *Turk. J. Chem.*, 26:705-710.
- Dokuzlu Canan, Gıda Analizleri, Ders Notları, No:50, Bursa, 2000.
- Ertugay, Zeki, Ahmet KURT, Yusuf GÖKALP, Gıda Bilimi ve Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 301, Erzurum, 1990.
- Eganathan, P., et al., (2006). Oil analysis in seeds of *Salicornia brachiata*. *Industrial Crops and Products*, 23(2): p. 177-179.
- Ek, KL, Brand-Miller, J. ve Copeland, L. (2012). Patatesin glisemik etkisi. *Yiyecek Kimya*, 133, 1230-1240.
- Fritsch, C. W. : Measurements of Frying Fat Deterioration : A Brief Review, *JAACS*, 58 (3) : 272 - 274, 1981.
- Finot, P. A. (1997). Effect of processing and storage on the nutritional value of protein food. In: *Food protein and their applicants* (edited by S, Damodaran and A. Paraf). Pp. 551-576. New York, NY: Marcel Dekker.
- Fillion L and Henry CJK (1998). Nutrient losses and gains during frying: a review. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 49:157-168.
- Garcia-Alonso, A. ve Goñi, I. (2000). İşlemenin patates nişastası üzerindeki etkisi: in vitro bulunabilirlik ve glisemik indeks. *Nahrung-Gida*, 44(1), 19-22.
- Gertz, C., Klostermann, S., and Kochhar, S.P. (2000). Testing and comparing oxidative stability of vegetable oils and fats at frying temperature. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(8-9), 543-551.
- Gıda ve Beslenme Bilimleri Dergisi, 2(4), 200-206.
- Giovanelli, G., Torri, L., Sinelli, N., & Buratti, S. (2017). Comparative study of physico-chemical and sensory characteristics of French fries prepared from frozen potatoes using different cooking systems. *European Food Research and Technology*, 243(9), 1619-1631.
- Gupta, M. K., (2002) *Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses*. Blackwell Publishing
- Gümüşkesen, Aytaç Saygın, Yağ Teknolojisi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Yayın No:94, İzmir, 1996.
- Güzel, M. ve Y. Kaya. 2015. Yağ bitkilerinde oleik asit: önemi ve oluşumunu belirleyen etmenler. 2. Ulusal Tarım Kongresi. 29-31 Ekim, Afyon. s.199.
- Haddarah, A., Naim, E., Dankar, I., Sepulcre, F., Pujolà, M., & Chkeir, M. (2021). The effect of borage, ginger and fennel extracts on acrylamide formation in French fries in deep and electric air frying. *Food Chemistry*, 350, 129060.
- Harris, R., Von Loesecke, V. : Losses in Nutrients During Large - Scale Preparation for Direct Feeding, Losses of Nutrients in Foods During Home Preparation , Nutritional Evaluation of Food Processing. The AVI Publishing Company, America, 1973.
- Heredia, A., Castelló, M. L., Argüelles, A., & Andrés, A. (2014). Evolution of mechanical and optical properties of French fries obtained by hot air-frying. *LWT-Food Science and Technology*, 57(2), 755-760.

- Jamieson ve Baughman, 1922, Guinda ve diğerleri, 2003, Abitogun ve diğerleri, 2008. Işıksoluğu, Müberra, Beslenme, Devlet Kitapları Hürriyet Ofset Matbaacılık, İstanbul, 1988.
- Jamieson, G.S., & Baughman, W.F. (1922) The Chemical Composition of Sunflower-Seed Oil. 2952–2957.
- İlbaş, A.İ., Yıldırım, B., Arslan, B., Dede, Ö., Günel, E., 1996. Van ekolojik koşullarında bazı ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşitlerinin verimi ve önemli tarımsal özellikleri üzerinde bir araştırma. Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Derg., 6 (3): 189-203.
- Karaca, E., Aytaç, S., 2007. Yağ bitkilerinde yağ asitleri kompozisyonu üzerine etki eden faktörler. Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Derg. 22(1): 123- 131.
- Kayahan ,Muammer, Yağ Kimyası, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 2003.
- Kayahan, M., 2003. Yağ Kimyası. ODTÜ Yayıncılık.
- Keskin, Halit, Besin Kimyası, İstanbul Üniversitesi Yayınları, No:47, İstanbul, 1981.
- Kaya, Y., G. Evci, V. Pekcan, T. Gücer, I. M. Yılmaz, I.Şahin, S. Gencer ve N. Çıtak. 2009. Farklı çevrelerde ayçiçeğinde oleik asit oranlarının belirlenmesi.Türkiye 8. Tarla Bitkileri Kongresi, Hatay 19-22Ekim. 1: 159-163.
- Kayahan, M., (1986), Yağ kimyası. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim AŞ Yayınları, 325s.
- Kayahan , M. : Birden Fazla Kullanılan Kızartma Yağların da Meydana Gelen Oksiasit Miktarı Uzerinde Çalışmalar, İzmir Gıda Kontrol Eğitim ve Araştırma Enstitusu , 1981 Yılı Araştırma Projeleri Rapor ve Yeni Proje Teklifleri.
- Kayahan, M., 2002. Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri. ODTÜ Yayın. Ankara.
- Kıvrak. M, (2019) Mısırozü Yağı. Balıkesir Üniversitesi Edremit Meslek Yüksekokulu, Zeytincilik ve Zeytin İşleme Teknolojisi Ders Notu,
- Koçak, A. N., 1987. Mısırın İnsan Gıdası Olarak Önemi ve Gıda Endüstrisindeki Yeri. Türkiye’de Mısır Üretiminin Geliştirilmesi, Problemler ve Çözüm Yolları Sempozyumu. 23-26 Mart, 1987. Ankara.
- Koçhar SP (2001). The composition of frying oils. Frying. Improving quality. Ed: JB Rossel, Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 87-114.
- Liu, L., Liu, P., Li, L. and Sun, P., 2008. Production of structured lipids by enzymatic incorporation of caprylic acid into soybean oil, in National Natural Science Fund, 1033-1037.
- Liu, L., Huang, P., Xie, W., Wang, J., Li, Y., Wang, H., Xu, H., Bai, F., Zhou, X., Gao, R., & Zhao, Y. (2022). Effect of air fryer frying temperature on the quality attributes of sturgeon steak and comparison of its performance with traditional deep fat frying. Food Science & Nutrition. 10, 342–353.
- Lee, S., Park, H. R., Lee, J. Y., Cho, J. H., Song, H. M., Kim, A. H., Lee, W., Chang, S.C., Kim, H.S., & Lee, J. (2018). Learning, memory deficits, and impaired neuronal maturation attributed to acrylamide. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 81(9), 254-265.
- McGill, CR, Kurilich, AC ve Davignon, J. (2013). Patates ve patatesin rolü Kardiyometabolik saglikta bileşenler: Bir inceleme. Annals of Medicine, 45(7), 467-473.
- Mensink, R.P., Katan, M.B., 1990. Effect of dietary trans fatty acids on high-density and lowdensity lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. N. Engl. J. Med. 323: 439–445.

- Moreau R., A., (2002) Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses. Blackwell Publishing
- Mozafarian, D., 2006. Trans fatty acids – effects on systemic inflammation and endothelial function. *Atheroscler Suppl.* 7: 29–32. .
- Mohsennia, O., and J. Jalilian. 2012. Response of safflower seed quality characteristics to different soil fertility systems and irrigation disruption. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 3 (5): 968-976.
- Muller-Mulot, W. (1976) Rapid method for quantitative determination of individual tocopherols in oils and fats. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 53, 732-736.
- Nas, S., Gökalp, Y.H., Ünsal, M., 2001. Bitkisel Yağ Teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Matbaası, 322.
- Normand L, Eskin NAM and Przybylski R (2001). Effect of tocopherols on the frying stability of regular and modified canola oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 78: 369-373.
- Nielsen, H. K., Loliger, J. and Hurrell, R. F. : Reactions of Proteins With Oxidizing Lipids, 1. Analytical Measurements of Lipid Oxidation and Amino Acid Losses in a Whey Protein - methyl Linolenate Model System *Brit. J. Nutr.*, 53 : 61 - 73, 1985.
- Nielsen, H. K., Finot, P. A., Hurrell, R. F. : Reactions of Protein with Oxidizing Lipids, 2. Influence of Protein Quality and on the Bioavailability of Lysine, Methionine, Cysteine and Tryptophan as Measured in Rat Assays, *Brit. J. Nutr.* 53 : 75 - 86 , 1985.
- O'Brien RD (1998). Fats and Oils. Technomic Publishing Co, Lancaster, PA, 206-207.
- ÖZKAYA Hazım, Ekin ŞAHİN, İsmet TÜRKER, Gıda Bilimi ve Teknolojisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:119, Ankara, 1993.
- Pratt, G.H. 1974. Timber Drying Manual, Building Research Establishment Report, Londra.
- Pedreschi, F., Leon, K., Mery, D. ve Leon, J. 2006. Color measurement in L* a * b* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39. 1084-1091.
- Pedreschi, F. (2012). Frying of potatoes: Physical, chemical, and microstructural changes. *Drying Technology: an International Journal*, 30, 707-725.
- Petros, Y., A. Carlsson, S. Stymne, H. Zeleke, A. S. Fält, and A. Merker. 2009. Developing high oleic acid in *Guizotia abyssinica* (L.f) Cass. by plant breeding. *Plant Breeding* 128 (6): 691-695.
- Perkins EG (1967). Non-volatile decomposition products in heated fats and oils. *Food Technology*, 21: 611-616.
- Ponnampalam, R., Mondy, N.I.: Effect of Baking and Frying on Nutritive Value of Potatoes, Nitrogenous Constituents, *J. Food. Sci.*,
- Popov, A., Dodova-Angelova, M., Ivanov, Ch.P. and Stefanov, K. (1970) *Riv. Ital. Sostanze Grasse*, 47, 254-256.
- Popov, A., Milkova, Ts. and Marekov, N. (1975) Free and bound sterols in sunflower, soy and maize oils. *Nahrung*, 19, 547-549.
- Rao, J.V. and Reddy, B.N. (1991) Intercropping of groundnut through adjustment in the plant density. *J. Oilseeds Res.*, 8, 271-274. 38: 1613 - 1616. 1983.
- Rakıcıoğlu N. Ve Baysal A. : yağda kızartma yöntemi ile pişirmede oluşan fiziksel ve kimyasal değişiklikler ve bunların insan sağlığı üzerine etkisi, *Beslenme ve Diyet Dergisi / J . Nutr. and Diet .*, 17 : 121 - 130, 1988).

- Rossi M, Alamprese C, Ratti S (2007). Tocopherols and tocotrienols as free radical scavengers in refined vegetable oils and their stability during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 102: 812-817.
- Roehring, K. L. (1990). The physiological effects of dietary fibre. A review. *Food Technology*, 44, 113.
- Ruiz Méndez, MV., Aguirre-González, MR. ve Dobarganes, MC. 2011. Influence of neutralization stage conditions on soapstock phytosterol content. In: Society AOC, ed., World Conference on Oilseed Processing, Fats & Oils Processing, Biofuels & Applications, Turkey.
- Ryan, E., Galvin, K., O'Connor, T. P. and Maguire, A. R. (2007). Phytosterol, Squalene, Tocopherol Content and Fatty Acid Profile of Selected Seeds, Grains, and Legumes. *Plants Food Human Nutrition* 62:85-91
- Salunkhe, D., et al., Sunflower World Oilseeds, PLT Press, London, 250pp.
- Saldamlı İbilge, Gıda Kimyası, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 2005.
- Saldamlı, İbilge, Gıda Kimyası, Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Yayınları, Ankara, 2002.
- Savaş, R., (2000), Ticaret ve Endüstri Bitkileri (Özel Tarla Ziraatı) Kardeş Matbaası, 187s.
- Sağlam, F. : Kuş Rum Beslenme Servisinde Uygulanan Değişik Kızartma Yöntemlerinin Kızartılan Yiyeceğin Kalitesi Üzerine Etkisi, H. U. Beslenme ve Diyetetik Programı, Bilim Uzmanlığı Tezi, Ankara, 1977.
- Santalla, E., and R. Mascheroni. 2003. Note: Physical properties of high oleic sunflower seeds. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 9 (6): 435-442.
- Shaker, M. A. (2014). Air frying a new technique for produce of healthy fried potato strips. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2(4), 200-206.
- Shaker, M. A. (2015). Comparison between traditional deep-fat frying and air-frying for production of healthy fried potato strips. *International Information System for the Agricultural Science and Technology*, 22, 1557-1563.
- Sherwin, E., (1978), Oxidation and antioxidants in fat and oil processing. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 55(11): p. 809-814.
- Severge, A. : Kızartma Yağlarında Bozulma Aşamasını Saptamak Üzere Yeni Analiz Yöntemleri, *Gıda*, 611 - 2) : 11 - 19, 1981.
- Smith, L. M., Clifford, A. J., Creveling, R. K., Hamblin, C. L. : Lipid Content and Fatty Acid Profiles of Various Deep - Fat Fried Foods, *JAOCs*, 62 (6) : 996 - 999. 1985.
- Stevenson, G. T. : Fats in Moderation for Nutrient and Palatability, Introduction to Foods and Nutrition, New York, 1960.
- Sutardi, K. A., Buckle, K. A. : Reduction in Phytic Acid Levels in Soybeans During Tempeh Production, Storage and Frying, *J. Food. Sci*, 50 : 260 - 263, 1985.
- Şimşek, A., ve O., Serindağ, (2008), Kızartma Yağlarının Kararlılığı ve Termal Yöntemler İle Kalitesinin Belirlenmesi. *Çankırı Üniversitesi FBE Dergisi*, 19(1), 30s.
- Taşan, Murat, Orhan DAĞLIOĞLU, Trans Yağ Asitlerinin Yapısı, Oluşumu ve Gıdalarla Alınması, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Dergisi, Tekirdağ, 2005.
- Telefoncu, Azmi, Besin Kimyası, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, No:149, İzmir, 1993.
- Teruel, M. D. R., Gordon, M., Linares, M. B., Garrido, M. D., Ahromit, A., & Niranjan, K. (2015). A comparative study of the characteristics of french

- fries produced by deep fat frying and air frying. *Journal of Food Science*, 80(2), E349-E358.
- Tewari, A., Israni, K., & Tolani, M. (2015). Air Fryer using Fuzzy Logic. *International Journal of Computer Applications*, 975, 8887.
- Thompson, L.H., Doraiswamy, L.K. (1999). Sonochemistry. *Science and engineering. Industrial & Engineering Chemistry Research*. 38(4), 1215-1249.
- Tian, J., Chen, S., Shi, J., Chen, J., Liu, D., Cai, Y., Ogawa, Y., & Ye, X. (2017). Microstructure and digestibility of potato strips produced by conventional frying and air-frying: An in vitro study. *Food Structure*, 14, 30–35.
- Topkafa M., Ayyıldız H.F., (2017). An implementation of central composite design: Effect of microwave and conventional heating techniques on the triglyceride composition and trans isomer formation in corn oil , 198-202.
- Topkafa M., (2013). Yenilebilir nar çekirdeği yağının rafinasyon özelliklerinin incelenmesi. Doktora tezi, Selçuk üniversitesi.
- Türkay. S. 2009. Kızartma işlemi ve yağları: yağda oluşan değişimler, kullanılmış kızartma yağlarının rejenerasyonu ve Türkiye'deki uygulamaları. "Evsel Atık.
- Ünver, Bahtiyar, Deneysel Yiyecek Hazırlanma, Mars Matbaası, Ankara, 1987.
- Varela, G. 1994. La fritura degli alimenti in olio d'oliva. Madrid: Consiglio Oleicolo Internazionale.
- Yağlar ve Geri Dönüşümü" Paneli, İstanbul. Türkiye. 2-3 s.
- Yıldız, F. : Gıda İşlemlerinin Besin Kalitesine Etkisi, Gıda. 6 (5) :11 - 15, 1981.
- Yoshida, H.; Hirakawa, Y.; Abe, S.; Mizushima, Y. Mikrodalga Fırında Kavrulmuş Ayçiçeği (*Helianthus Annuus* L.) Tohumlarından Hazırlanan Yağların Tokoferol İçeriği ve Oksidatif Kalitesi. *Avrupa Lipid Bilimi ve Teknolojisi Dergisi* 2002, 104, 116–122.
- Yoshida H, Kajimoto G and Emura S (1993). Antioxidant effects of tocopherols at different concentrations in oils during microwave heating. *Journal of American Oil Chemists Society*, 70: 989-995.
- Zaghi, A. N., Barbalho, S. M., Guiguer, E. L., & Otoboni, A. M. (2019). Frying process: From conventional to air frying technology. *Food Reviews International*, 35(8), 763-777.
- Zambiasi, R.C., et al., (2007). Fatty acid composition of vegetable oils and fats. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 25.
- Zhang, A.K. Datta, 2006. Mathematical modeling of bread baking process. *Journal of Food Engineering* 78 (2007) 715–722.
- Walter, W. M., Hoover, M. W. : Preparation , Evaluation and Analysis of a French - Fry - Type Product From Sweet Potatoes, *J. Food Sci.*, 51 (4) : 967 - 970, 1986.

EKLER

EK-1 Ayçiçek yağı gıda maddesi olmadan yapılan airfryer kızartma denemesi merkezi kompozit tasarım sabitleri çizelgesi

	Intercept	A	B	C	AB	AC	BC	A ²	B ²	C ²
PV	17,9088	4,30051	7,53442	-0,5139	0,65	-0,605	0,405	0,0563742	1,47059	-0,237075
p-values		< 0.0001	< 0.0001	0,4688	0,4828	0,5130	0,6597	0,9328	0,0458	0,7236
269nm	1,39709	0,0365846	-0,0457077	0,020071	-0,0211375	0,0040875	-0,0250625	0,0273771	-0,0494677	-0,00249818
p-values		0,1797	0,1010	0,4484	0,5393	0,9047	0,4683	0,2849	0,0671	0,9201
Total Tocopherol	59,1406	-41,4657	-62,7801	4,4363	33,5287	-1,54875	5,04625	22,5098	33,5354	14,1076
p-values		0,0010	< 0.0001	0,6425	0,0185	0,9008	0,6858	0,0275	0,0030	0,1399
Total Trans	0,0417638	0,101947	-0,13985	-0,1345	-0,12125	-0,0295	-0,0182161	0,0634548	0,0952746	0,101947
p-values		0,6471	0,2750	0,1433	0,2706	0,3181	0,8039	0,8336	0,4692	0,2843

EK-2 Ayçiçek yağı gıda maddesi olmadan yapılan derin kızartma denemesi merkezi kompozit tasarım sabitleri çizelgesi

	Intercept	A	B	C	AB	AC	BC	A ²	B ²	C ²
PV	3,98893	0,265796	-0,000731825	0,238573	-0,495	-0,205	0,195	0,619442	0,626513	0,234069
p-values		0,1843	0,9970	0,2298	0,0685	0,4209	0,4432	0,0053	0,0050	0,2176
269nm	1,51863	0,0688437	0,177108	-0,0676797	0,0123875	0,0085625	-0,0792875	0,0218385	-0,0345003	-0,00598619
p-values		0,1057	0,0009	0,1110	0,8127	0,8698	0,1485	0,5696	0,3743	0,8753
Total Tocopherol	257,333	2,14445	-8,43057	-1,98475	-0,1725	-0,715	0,475	-3,10145	-1,2453	2,82764
p-values		0,5595	0,0374	0,5886	0,9711	0,8807	0,9206	0,3810	0,7210	0,4231
Total Trans	0,159502	0,0584744	-0,00886039	0,00149113	-0,1645	0,1375	-0,11125	0,101028	-0,0179427	0,0319083
p-values		0,2987	0,8717	0,9783	0,0386	0,0754	0,1405	0,0738	0,7323	0,5454

EK-3 Ayçiçek yağı parmak patates airfryer kızartma denemesi merkezi kompozit tasarım sabitleri çizelgesi

	Intercept	A	B	C	AB	AC	BC	A ²	B ²	C ²
FFA	0,419423	0,0248725	-0,00272196	0,00290937	-0,024675	0,031725	-0,003525	-0,0169462	0,0528452	0,0129644
p-values		0,2466	0,8959	0,8888	0,3727	0,2573	0,8968	0,4007	0,0197	0,5175
PV	14,4554	0,77716	0,894317	0,86602	0,325	-0,375	0,325	-2,6351	-1,22089	-2,0871
p-values		0,3452	0,2806	0,2953	0,7582	0,7226	0,7582	0,0049	0,1326	0,0180
Total Tocopherol	154,332	-13,5848	0,571442	1,39022	2,065	-3,6375	0,5325	11,5214	-2,58184	4,21699
p-values		< 0,0001	0,7848	0,5102	0,4554	0,2001	0,8455	0,0001	0,2120	0,0533
Total Trans	0,144001	0,0183988	-0,00121477	0,00302874	0,008375	-0,000125	0,002375	-0,0157051	-0,0144676	-0,0415145
p-values		0,6457	0,9757	0,9394	0,8722	0,9981	0,9636	0,6805	0,7043	0,2874

EK-4 Ayçiçek yağı parmak patates derin kızartma denemesi merkezi kompozit tasarım sabitleri çizelgesi

	Intercept	A	B	C	AB	AC	BC	A ²	B ²	C ²
FFA	0,314859	0,015205	0,103432	0,0302227	-0,04935	0,0282	0,0141	0,0328334	0,00292283	0,0727143
p-values		0,6045	0,0040	0,3119	0,2121	0,4650	0,7123	0,2527	0,9164	0,0217
PV	4,63857	1,16011	1,91154	1,2046	0,565	1,985	2,755	2,01175	0,936945	1,09251
p-values		0,2970	0,0987	0,2798	0,6911	0,1795	0,0721	0,0720	0,3739	0,3029
269nm	1,93656	0,170907	0,313641	0,110772	0,154725	-0,1084	0,1896	0,159504	0,070797	0,230126
p-values		0,1501	0,0161	0,3376	0,3067	0,4684	0,2157	0,1583	0,5156	0,0515
Total Tocopherol	182,118	-40,5282	-28,1343	1,7442	-0,73375	20,0462	-22,8038	2,61548	9,01833	-20,8994
p-values		< 0,0001	0,0014	0,7970	0,9339	0,0407	0,0231	0,6866	0,1809	0,0069
Total Trans	0,295257	-0,0531527	0,00539514	0,0548779	0,1235	-0,0225	0,0195	0,00617584	-0,0728433	-0,0221084
p-values		0,4840	0,9427	0,4702	0,2241	0,8188	0,8425	0,9313	0,3203	0,7580

EK-5 Mısır yağı gıda maddesi olmadan yapılan airfryer kızartma denemesi merkezi kompozit tasarım sabitleri çizelgesi

	Intercept	A	B	C	AB	AC	BC	A ²	B ²	C ²
PV	16,7101	7,74233	6,84467	-1,75704	4,8375	-3,9125	-3,8125	0,0743574	2,07193	-0,155452
p-values		0,0008	0,0019	0,3197	0,0504	0,1034	0,1114	0,9640	0,2241	0,9247
269nm	1,40523	0,21103	0,0298715	-0,0571262	-0,18275	0,0018	0,08365	0,0458786	0,132499	0,101811
p-values		0,0570	0,7691	0,5766	0,1865	0,9892	0,5322	0,6376	0,1894	0,3054
Total Tocopherol	407,152	-112,282	-114,804	36,7309	-42,0013	33,1838	-6,46375	-35,9135	-5,06945	14,7295
p-values		< 0,0001	< 0,0001	0,0210	0,0381	0,0897	0,7239	0,0186	0,7044	0,2819
Total Trans	0,0534922	0,0787949	-0,029925	0,0168049	-0,060125	0,068125	-0,154375	0,0167003	0,035969	0,0377368
p-values		0,1051	0,5163	0,7136	0,3245	0,2673	0,0227	0,7023	0,4160	0,3942

EK-6 Mısır yağı gıda maddesi olmadan yapılan derin kızartma denemesi merkezi kompozit tasarım sabitleri çizelgesi

	Intercept	A	B	C	AB	AC	BC	A ²	B ²	C ²
PV	12,067	-1,43251	1,32866	0,0572536	-1,9375	-0,2625	0,8625	1,32584	-1,8915	-0,760126
p-values		0,0252	0,0352	0,9195	0,0214	0,7235	0,2580	0,0289	0,0043	0,1777
269nm	3,39377	0,249406	0,193404	-0,103514	0,12855	-0,057075	-0,023775	-0,092103	0,00326801	-0,229317
p-values		0,0269	0,0735	0,3124	0,3358	0,6637	0,8557	0,3445	0,9727	0,0317
Total Tocopherol	353,946	5,05504	-82,358	-22,6063	9,08	-36,8225	-19,97	-55,7753	11,681	-44,7603
p-values		0,7569	0,0003	0,1835	0,6710	0,1045	0,3579	0,0037	0,4582	0,0133
Total Trans	0,178862	-0,000306143	0,0320517	-0,0189582	-0,000875	-0,005375	-0,003625	-0,0133589	-0,0320973	0,0131576
p-values		0,9916	0,2848	0,5198	0,9817	0,8879	0,9242	0,6329	0,2628	0,6380

EK-7 Mısır yağı parmak patates airfryer kızartma denemesi merkezi kompozit tasarım sabitleri çizelgesi

	Intercept	A	B	C	AB	AC	BC	A ²	B ²	C ²
PV	15,1202	1,96904	1,10767	1,53836	0,125	3,675	0,625	-1,79418	-1,2992	0,00894321
p-values		0,2492	0,5079	0,3623	0,9539	0,1101	0,7731	0,2698	0,4180	0,9955
269nm	2,0796	0,0140304	-0,0490329	0,0688747	0,10915	-0,026625	0,07845	0,02992	-0,0128953	-0,0324291
p-values		0,7284	0,2391	0,1082	0,0575	0,6152	0,1557	0,4427	0,7379	0,4065
Total Tocopherol	293,959	8,0703	-18,1192	19,1735	43,5675	-49,1325	10,0325	18,6063	-1,29521	8,99319
p-values		0,5960	0,2459	0,2212	0,0454	0,0273	0,6137	0,2138	0,9285	0,5367
Total Trans	0,0795046	-0,00455318	0,00184707	-0,00172417	-0,035625	0,019875	-0,006625	0,0174455	0,0183294	-0,00023214
p-values		0,7728	0,9066	0,9128	0,1041	0,3441	0,7480	0,2597	0,2377	0,9877

EK-8 Mısır yağı parmak patates derin kızartma denemesi merkezi kompozit tasarım sabitleri çizelgesi

	Intercept	A	B	C	AB	AC	BC	A ²	B ²	C ²
PV	8,06353	0,0513868	-0,26187	0,0294222	0,095	1,055	-0,045	-0,847558	-0,373796	-1,13747
p-values		0,9141	0,5850	0,9507	0,8787	0,1106	0,9423	0,0827	0,4177	0,0264
269nm	2,07013	0,0225576	0,0599249	0,047276	-0,006575	0,347975	-0,375425	0,113212	-0,00616562	0,143723
p-values		0,8715	0,6686	0,7351	0,9712	0,0765	0,0587	0,4023	0,9630	0,2923
Total Tocopherol	428,491	-16,9468	-20,0371	3,3929	21,7862	-23,8388	21,0737	-7,74392	-20,3163	-14,6912
p-values		0,3266	0,2502	0,8409	0,3341	0,2926	0,3495	0,6325	0,2234	0,3708
Total Trans	0,184027	0,0396369	-0,03726	-0,0161786	0,0155	0,03925	-0,03475	-0,00960459	0,0218617	-0,0244538
p-values		0,1885	0,2144	0,5787	0,6829	0,3108	0,3671	0,7285	0,4348	0,3840

