

**T.C.**  
**UŞAK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**BİTKİSEL KAYNAKLI SİLİKA MATERYALLERİNİN KIZARTMA  
YAĞLARININ REJENERASYONUNDA ADSORBAN OLARAK  
KULLANIM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SUZAN ÖZCAN**

**MAYIS 2019**

**UŞAK**

**T.C.**  
**UŞAK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**BİTKİSEL KAYNAKLI SİLİKA MATERYALLERİNİN KIZARTMA  
YAĞLARININ REJENERASYONUNDA ADSORBAN OLARAK  
KULLANIM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SUZAN ÖZCAN**

**UŞAK 2019**

Suzan ÖZCAN tarafından hazırlanan **“Bitkisel Kaynaklı Silika Materyallerinin Kızartma Yağlarının Rejenerasyonunda Adsorban Olarak Kullanım Potansiyelinin Belirlenmesi”** adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Buket AYDENİZ GÜNEŞER .....

Tez Danışmanı, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Buket AYDENİZ GÜNEŞER .....

(Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Uşak Üniversitesi)

Doç. Dr. Abdullah DİKİCİ .....

(Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Uşak Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Erman DUMAN .....

(Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Afyon Kocatepe Üniversitesi)

Tarih: 31/05/2019

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Murat Kemal KARACAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü .....

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.

İmza  
Suzan ÖZCAN



**BİTKİSEL KAYNAKLI SİLİKA MATERYALLERİNİN KIZARTMA  
YAĞLARININ REJENERASYONUNDA ADSORBAN OLARAK  
KULLANIM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Suzan ÖZCAN**

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mayıs 2019**

**ÖZET**

Bu çalışmanın amacı, silika yönünden zengin bitkisel kökenli materyallerin (arpa kavuzu, buğday kepeği ve yulaf kavuzu) kızartma yağlarının rejenerasyonunda adsorban olarak kullanım potansiyellerinin, Magnesol XL'e karşı test edilmesidir. Kızartma ortamı olarak seçilen ayçiçek yağına ağırlıkça %3 oranında adsorban katkıları gerçekleştirilmiş ve patates kızartması işlemi toplam 18 saatte tamamlanmıştır. Kızartma süresince yağda oluşan tüm fiziko-kimyasal parametreler, kızartılan patates örneklerinin tekstürel özellikleri değerlendirilmiştir.

Seçilen adsorban materyallerinin etkinliğinin incelenmesinde ise yüzey ve gözenek morfolojileri (SEM ve BET), X-ışını kırınım ve floresans (XRD, XRF) ölçümleri dikkate alınmıştır. Kızartma yağlarının muamelesinde kullanılan tarımsal kökenli adsorban materyallerin yüzey alanlarının 0,82-92,37 m<sup>2</sup>/g, ortalama gözenek çapı ve hacimlerinin ise sırasıyla 10,70-46,55Å ve 0,001-0,05 cm<sup>3</sup>/g aralığında değiştiği belirlenmiştir. Buğday kepeği külünün en yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip olmasının, bu adsorbanla muamele edilen yağların daha düşük serbest asitlik, *p*-anisidin ve TOTOX değerleri sergilemesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

5 farklı deneme grubunda gerçekleştirilen analitik ölçümlerin aralıkları TPM % 8,50-16,50, viskozite 41,68-100,60 cp, renk doygunluğu 7,94-14,85, renk tonu 95,72-140,0 asit sayısı 0,45-1,09 mg KOH/g yağ, peroksit sayısı 3,43-6,05 meq aktifO<sub>2</sub>/kg yağ, *p*-anisidin 27,52-

78,26, TOTOX 37,56-85,86 olarak kaydedilmiştir. Kızartma süresinin ilerlemesiyle birlikte trans yağ asitleri oluşumunun engellenmesinde, buğday kepeği ve yulaf kavuz külleriyle muamelenin Magnesol XL' den çok daha etkin rol oynadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, arpa kavuzu, buğday kepeği ve yulaf kavuzundan elde edilen farklı morfolojik özelliklere sahip küllerin, kullanılmış kızartma yağlarının rejenerasyonunda başarı sağladığı tespit edilmiştir. Tarımsal kökenli bu materyallere ticari bir kullanım alanı ve katma değer sağlanması, sentetik adsorbanlara alternatif olarak kullanılacak doğal adsorbanların etkinliğinin kanıtlanması bu çalışmanın en önemli bulgularıdır.

**Bilim Kodu:**

**Anahtar Kelimeler:** Tarımsal Atık, Adsorban, Silika, BET, SEM, Arpa, Buğday, Yulaf

**Sayfa Adedi:** 56

**Tez Yöneticisi:** Dr. Öğretim Üyesi Buket AYDENİZ GÜNEŞER

# DETERMINATION OF USAGE POTENTIAL OF PLANT-DERIVED SILICA MATERIALS AS AN ADSORBENT IN REGENERATION OF FRYING OILS

(M.Sc. Thesis)

SUZAN ÖZCAN

UNIVERSITY OF UŞAK

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MAY 2019

## ABSTRACT

The objective of this study is test to potential use of silica-rich plant-derived materials (barley husk, wheat bran and oat husk) as adsorbent materials in the regeneration of frying oil against to the Magnesol XL. The synthetic and natural-based adsorbent treatments (3% w/w) were performed to sunflower oil as frying media and french fries process was completed at totally 18 hours. All physico-chemical parameters occurred in frying oils, textural properties of fried potato sample were investigated during the frying process. Surface and pore morphologies (by SEM and BET), X-ray diffraction (XRD) and fluorescence (XRF) measurements were considered to examine their effectiveness of selected adsorbent materials. Surface areas, average pore sizes and pore volumes of agricultural-derived adsorbent materials used in frying oil treatments were detected as 0,82-92,37 m<sup>2</sup>/g, 10,70-46,5Å and 0,001-0,05 cm<sup>3</sup>/g, respectively. It was thought that the frying oils treated with wheat bran ash could have lower free fatty acidity, p-Anisidine and TOTOX values owing to the highest adsorption capacity value of wheat bran ash. The ranges of analytical measurements performed in the five different treatment groups were reported as total polar material (8,50-16,50%), viscosity (41,68-100,60 cP ), chroma value ( 7,94-14,85), hue value (95,72-140,0), peroxide (3,43-6,05 meq active O<sub>2</sub>/kg oil), p-anisidin (27,52-78,26) and TOTOX (37,56-85,856). Frying oils treatment with wheat bran and oat husk ashes have more effective role than Magnesol XL to prevent *trans*-acid formation with progress in frying time. Consequentially, it has been determined that ashes having the different morphologically

structures obtained from barley husk, wheat bran and oat husk) can be used successfully to regeneration of used frying oils. Both provide added value and commercial usage area to agricultural-derived materials and also prove the effectiveness of natural adsorbents which can be used as an alternative in place of synthetic adsorbents are accepted as most important findings of this thesis study.



**Science Code:**

**Key Words:** Agricultural waste, Adsorbent, Silica, BET, SEM, Barley, Wheat, Oat

**Page Number:** 56

**Adviser:** Dr. Öğretim Üyesi Buket AYDENİZ GÜNEŞER



## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve önerileriyle beni yönlendiren ve bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam Dr.Öğr. Üyesi Buket AYDENİZ GÜNEŞER'e,

Çalışmam boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Onur GÜNEŞER'e,

Yağ asitleri kompozisyonu analizlerin yapılmasında vaktini ve desteğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Erman DUMAN'a,

2017/TP045 no'lu proje kapsamında destek olarak bu çalışmamın gerçekleştirilmesini sağlayan Uşak Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi (UBAP)'ne,

Arpa kavuzu, yulaf kavuzu ve buğday kepeği temininde yardımcı olan sırasıyla Akın Aklif Tarım Ürünleri İşletme Sanayi (Bursa, Türkiye) ve Sağlık Tarım Ürünleri ve Gıda San. Tic. Ltd. Şti (Konya, Türkiye) firmalarına, ayçiçek yağı temininde yardımcı olan Gümüş Gıda San. ve Tic. A.Ş. (İstanbul, Türkiye) firmasına, Magnesol XL temininde yardımcı olan The Dallas Grup (Magnesol Product Division, Reagent Chemical and Research, Texas, ABD) firmasına,

Bitkisel materyallerin kül haline getirilmesinde vaktini ve yardımını esirgemeyen Uşak Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Öğretim Görevlisi Ömer GÖRKEM'e,

Tez çalışmamı yürütebilmem için bana her türlü imkânı sağlayan şu anda çalışmakta olduğum Biz Gıda Unlu Mamuller (İstanbul, Türkiye) firmasının Genel Müdürü Sn. Aykut YEMEN'e, Varlığını her zaman bana hissettiren, her günümde yanımda olan Emre SEÇMEN'e,

Laboratuvar çalışmam boyunca bana çok büyük destekleri olan ve beni yalnız bırakmayan değerli Gıda Mühendisleri arkadaşlarım Yeter İlçebaylık, İrem Yavaş ve Furkan İslamoğlu'na,

Maddi ve manevi desteklerini her daim hissettiğim, bugünlere gelmemde büyük katkıları olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Suzan ÖZCAN

Uşak, 2019

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ BİLDİRİMİ .....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	xii
RESİMLER LİSTESİ .....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xiv
1 GİRİŞ .....	1
2 KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ÖZETİ .....	3
2.1 Bitkisel Kökenli Kızartma Yağlarının Genel Durumu .....	3
2.2 Kızartma İşleminin Fiziyi ve Kimyası .....	3
2.3 Kızartma Süresince Meydana Gelen Fiziksel ve Kimyasal Tepkimeler .....	6
2.3.1 Kızartılan Gıda Maddesinde Gözlenen Değişimler .....	6
2.3.2 Kızartma Yağında Gözlenen Tepkimeler .....	6
2.4 Kızartma Süresince Kızartma Yağının Kalitesini Etkileyen Faktörler .....	9
2.4.1 Taze Yağla Yenileme .....	9
2.4.2 Kızartma Süresi ve Sıcaklığı .....	9
2.4.3 Kızartma Yağının Kalitesi .....	9
2.4.4 Gıdanın Bileşimi .....	10
2.4.5 Kızartıcı Tipi .....	11
2.4.6 Antioksidanlar .....	11
2.4.7 Yağdaki Çözünmüş Oksijen İçeriği .....	11

2.5 Kızartma Yağlarının ve Kızartılmış Gıda Maddesinin Duyusal Özellikleri.....	11
2.6 Kızartılan Gıdaların Yağ Absorbsiyonu .....	12
2.7 Kızartma Yağlarıyla İlgili Yasal Mevzuatlar.....	12
2.7.1 Taze Kızartma Yağlarına Yönelik Yasal Mevzuatlar .....	12
2.7.2 Kullanılmış Kızartma Yönelik Yasal Mevzuatlar .....	13
2.7.3 Türkiye'deki Yasal Düzenlemeler .....	13
2.8 Derin Yağda Kızartma İşleminin Beslenme Açısından Değerlendirilmesi.....	15
2.8.1 Beslenme Üzerine Etkisi .....	15
2.9 Silika İçeriğince Zengin Tarımsal Yan Ürünler .....	15
2.9.1 Arpa ( <i>Hordeum Vulgare</i> L. ).....	15
2.9.2 Yulaf ( <i>Avena Sativa</i> L.).....	15
2.9.3 Buğday ( <i>Triticum aestivum</i> L.).....	16
2.10 Kızartma Yağlarının Adsorbanlarla Muamelesi .....	16
2.11 Adsorpsiyon Denklemleri .....	19
2.11.1 Freundlich İzotermi .....	19
2.11.2 Langmuir İzotermi .....	20
3 MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1 Materyal .....	21
3.2 Yöntem.....	22
3.2.1 Bitkisel Kaynaklı Silika Materyallerinin Hazırlanması .....	22
3.2.2 Kızartma Prosesi .....	23
3.3 Kızartılmış Patates Örneklerinde Yapılan Analizler.....	25
3.3.1 Tekstür Analizi .....	25
3.3.2 Adsorbe Yağ İçeriği .....	26
3.4 Yağ Örneklerinde Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Analizler .....	26
3.4.1 Viskozite.....	26

3.4.2	Türbidite (Bulanıklık) Değeri.....	27
3.4.3	Renk Ölçümü.....	27
3.4.4	Serbest Asitlik Değeri .....	27
3.4.5	P-Anisidin Değeri.....	28
3.4.6	Toplam Polar Madde İçeriği (Food Oil Sensor).....	28
3.4.7	Yağ Asitleri Kompozisyonu.....	29
3.5	Adsorban Materyallerinde Yapılan Analizler.....	29
3.5.1	Adsorbsiyon Kapasitesi Ölçümü.....	29
3.5.2	SEM Analizi.....	29
3.5.3	BET Analizi.....	30
3.5.4	XRD Analizi.....	30
4	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	31
4.1	Adsorban Materyallerine Ait Analiz Sonuçları .....	31
4.1.1	SEM Analiz Sonuçları.....	31
4.1.2	BET Analiz Sonuçları .....	32
4.1.3	XRD (X Işını Kırınım) Analiz Sonuçları .....	34
4.2	Kızartma Yağlarında Ölçülen Fiziksel Analiz Sonuçları.....	36
4.2.1	Toplam Polar Madde Değerleri.....	36
4.2.2	Viskozite Değerleri .....	37
4.2.3	Renk, Tekstür ve Absorbe Yağ Değerleri .....	38
4.3	Kızartma Yağlarında Ölçülen Kimyasal Analiz Sonuçları.....	39
4.3.1	Serbest Yağ Asitliği Değerleri .....	42
4.3.2	Peroksit Sayısı Değerleri.....	42
4.3.3	P-anisidin Sayısı Değerleri.....	43
4.3.4	TOTOX (Toplam Oksidasyon) Değerleri .....	44
4.3.5	Yağ Asitleri Kompozisyonu.....	44

5 SONUÇ ve ÖNERİLER.....	47
KAYNAKLAR.....	49
ÖZGEÇMİŞ.....	56



## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Kızartma yağlarına ait genel özellikler.....	10
Çizelge 2.2. Kullanılmış kızartma yağlarına ait düzenlemeler.....	13
Çizelge 4. 1. Kızartma yağlarının muamelesinde kullanılan adsorban materyallerin morfolojik özellikleri ve adsorpsiyon kapasitesi değerleri.....	33
Çizelge 4. 2. Farklı adsorban toprakları ile muamele edilen kızartma yağlarında ölçülen bazı fiziksel parametreler .....	37
Çizelge 4. 3. Farklı adsorban toprakları ile muamele edilen kızartma yağlarında ölçülen renk, tekstür ve adsorbe yağ değerleri .....	39
Çizelge 4. 4. Farklı adsorban toprakları ile muamele edilen kızartma yağlarında ölçülen bazı kimyasal parametreler.....	41
Çizelge 4.5. Farklı adsorban toprakları ile muamele edilen kızartma yağlarının yağ asiti kompozisyonları).....	46

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2. 1. Sığ ve derin kızartma proseslerinde gerçekleşen ısı ve kütle aktarımı.....	6
Şekil 2. 2. Isıl işlemin kızartma yağı viskozitesi, renk indeksi ve polar madde içeriğine etkisi .....	8
Şekil 2. 3. Akrlamidin yapısı .....	8



## RESİMLER LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3. 1. Kızartma yağlarının rejenerasyonunda adsorban olarak etkisi test edilen bitkisel materyaller.....	22
Resim 3. 2. Adsorban olarak etkisi test edilen bitkisel materyallerin yanması sonucu elde edilen küller .....	22
Resim 3. 3. Kızartma prosesinin gerçekleştiği fritözler .....	23
Resim 3. 4. Kızartma yağlarının muamelesinde kullanılan adsorban materyaller .....	24
Resim 3. 5. Kızartma yağlarının adsorbanlarla muamele işlemi.....	24
Resim 3. 6. Adsorban topraklarının yağdan ayrılması için uygulanan filtrasyon işlemi.....	25
Resim 3. 7. Kızartma bitiminde alınan yağ ve patates örnekleri.....	25
Resim 3. 8. Kontrol grubu ve adsorban materyalleriyle muamele edilmiş yağda kızartılan patates örneklerinin tekstür analizi.....	26
Resim 3. 9. Kızartma yağlarında viskozite analiz işlemi. ....	27
Resim 4. 1. Bitkisel kökenli adsorban materyallerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri.....	32
Resim 4. 2. Bitkisel kökenli adsorban materyallerin X ışını kırınım desenleri (XRD 1: arpa kavuz külü, XRD 2: buğday kepeği külü, XRD 3: yulaf kavuz külü).....	35



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simge</b>	<b>Açıklama</b>
%	Yüzde oranı
$\alpha$	Alfa
°C	Santigrat derece
®	Ticari ürün
w/w	Kütle/kütle oranı

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birlesik Devletleri
AOCS	Amerikan Yağ Kimyacıları Derneği
cm	Santimetre
Cd	Kadmiyum
Cu	Bakır
g	Gram
Mg	Mikrogram
Fe	Demir
FOS	Food Oil Sensor
G	Gram
GC	Gaz Kromatografisi
GLC	Gaz-Sıvı Kromatografisi
HACCP	Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları
Kg	Kilogram
Kkal	Kilokalori
L	Litre
M	Molarite
Meq	Milieşdeğer

<b>mg</b>	Miligram
<b>ml</b>	Mililitre
<b>mm</b>	Milimetre
<b>mPa</b>	Milipaskal
<b>mV</b>	Milivolt
<b>N</b>	Normalite
<b>nm</b>	Nanometre
<b>Pb</b>	Kurşun
<b>ppm</b>	Milyonda bir birim
<b>s</b>	Saniye
<b>TGK</b>	Türk Gıda Kodeksi
<b>TPM</b>	Toplam Polar Madde
<b>UV</b>	Ultraviyole
<b>Dk.</b>	Dakika
<b>DSC</b>	Diferansiyel taramalı kalorimetre
<b>FDA</b>	Amerika Gıda ve İlaç İdaresi
<b>FTIR</b>	Fourier dönüşümlü kızılötesi
<b>FTIR-MIR</b>	Fourier dönüşümlü kızılötesi-orta dalga boyu
<b>GC-MS</b>	Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi
<b>g</b>	Gram
<b>HCl</b>	Hidroklorik asit
<b>kcal</b>	Kilokalori
<b>kJ</b>	Kilojoule
<b>kg</b>	Kilogram

# 1 GİRİŞ

Dünyada kentleşmenin ve teknolojinin gelişmesiyle beraber yaşam şartlarının değişmesi, artık hemen hemen herkesin evinde olan internet ve telefon aracılığıyla hazır gıdalara erişilebilme imkânının artması, iş temposuna bağlı olarak koşuşturmanın artmasıyla beraber yorgunluk, mutsuzluk, zaman sıkıntısı nedeniyle insanlar, beslenmelerine daha az zaman ayırmaktadırlar. Sayısı her geçen gün artmakta olan “fast – food (ayaküstü belenme)” ürünler; insanlar tarafından daha çok rağbet görmekte olup insanlar bu ürünleri tercih ederek beslenme ihtiyaçlarını gidermektedirler. Bu isimle anılan ürünler genellikle pratik ve kolayca hazırlanabilen kızartılmış ürünler sıklıkla yer aldığından dolayı kızartma yöntemiyle pişirme işlemi gün geçtikte popülaritesini arttırmaktadır [1, 2].

Diğer ürün hazırlama tekniklerine oranla, daha aromatik lezzete sahip oluşu, albenisi yüksek renk ve tekstürel özelliklerin oluşmasına olanak sağlaması kızartma işleminin en önemli avantajları olarak kabul edilir. Uygun bir şekilde hazırlanmış gıda maddesinin kızgın bir yağ ortamında pişirilmesi olarak ifade edilen kızartma prosesinde, en önemli etken seçilen yağın türüdür. Kızartma için seçilen yağın besleyici olduğu kadar, ısıya ve oksijene karşı yüksek stabilite sergilemesi de gerekmektedir. Kızartma işleminde; kızartma süresi boyunca çıkılan yüksek sıcaklıklar (175 °C ve daha üzeri) hem yağda hem de kızartılan gıda maddesinde birçok istenmeyen fiziksel ve kimyasal bozunmaların oluşumuna sebebiyet vermektedir. En çok bilinenleri; hidroliz, oksidasyon, polimerizasyon, maillard bozunmaları; hem kızartma kalitesini hem de tüketici sağlığını büyük ölçüde etkilemektedir. Kızartılan gıda maddesinden ayrılarak yağa geçen parçacıklar, tüm kızartma süresince yağda kalarak yağın ve diğer kızartılan gıda maddelerinin bozunma sürecini hızlandırmaktadır. Bu nedenle, kızartma ortamına geçen yağ dılı parçacıkların yağdan elimine edilmesi büyük önem sahiptir [1].

Kızartma yağının adsorbanlarla muamelesi, kızartma işlemi boyunca yağda oluşan bozunmaların minimuma indirgenmesi ve yağın tekrar kullanımına olanak sağlanması bakımından yaygın kullanılan bir teknik haline gelmektedir. Günümüzde aktif bir şekilde kullanımına izin verilen ticari adsorbanların çoğu silika kökenli olup, yağda oluşan polar maddeler ve bozunma ürünlerinin uzaklaştırılmasında filtre görevi görmektedirler.

Yapılan bu tez çalışmanın amacı aşağıdaki maddelerle özetlenebilir;

1. Kızartma yağlarının rejenerasyonunda ticari adsorban kullanımına yeni bir alternatif olarak değerlendirilebilecek, silika içeriği yüksek bitkisel kaynaklı atık materyallerin etkinliğinin denenmesidir.
2. Deneme planı için seçilen bitkisel silika kaynakları arpa, buğday, yulaf gibi ülkemizin değerli tahıllarının işlenmesi esnasında atık olarak açığa çıkan kavuzların küllerinden elde edilmiştir.
3. Gerçek kızartma koşulları altında (180 C'de, 3 ardışık gün, günde 6 saat, patates kızartması) bu üç bitkisel materyalin yağın kullanım ömrü ve kızartma performansı üzerine olan etkisi (kontrol ve ticari adsorban magnesolün kullanıldığı deneme gruplarına karşı) resmi metodlara göre analiz edilmiştir.
4. Yulaf, buğday ve arpanın kavuz ve kepek küllerinin oksidasyon ürünlerinin uzaklaştırılmasında ticari adsorbanla benzer etki sergiledikleri gözlemlenmiştir.

## 2 KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Bitkisel Kökenli Kızartma Yağlarının Genel Durumu

Yemeklik yağların büyük bir yüzdesini kızartmalık yağlar oluşturmaktadır. Kızartma ortamı olarak yararlanılan yağın % 50'den fazlası kızartılan gıda maddesi tarafında absorbe edilirken, önemli bir kısmı da kızartma için kullanılamaz durumda (atık yağ) olarak değerlendirilmektedir [2-3]. Dünyadaki nüfus artışına paralel olarak, kızartma sektörünün giderek popüler hale geldiği ve kızartmalık yağ tüketiminde hızla arttığı bilinmektedir. İstatistiklere göre 2017/2018 yılında küresel bitkisel yağ tüketiminin 191 milyon ton olarak kaydedildiği ve 2018/2019 yılında bu rakamın artış göstererek 197 milyon tona eriştiği tahmin edilmektedir [4-5]. 2016 yılı verileri baz alındığında ise Türkiye'nin ham yağ üretimi 786 bin ton ve yıllık bitkisel yağ tüketimi ise 1.5 milyon ton olarak bildirilmiştir [6-7].

### 2.2 Kızartma İşleminin Fiziği ve Kimyası

Kızartma, pişirme proseslerin içinde en yaygın olarak kullanılan ve endüstride de sıklıkla yararlanılan pratik ve lezzetli bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Tüketiciler kızarmış gıdayı tadı, görünüşü ve yapısı nedeniyle daha çok tercih etmektedirler. Kızartılmış gıda ürünlerinde yağ absorpsiyonları yüksek düzeylere çıkabilmektedir. Kızartılmış gıdada yağ absorpsiyonunun miktarının birçok faktörü bulunmaktadır; kızartma ortamının sıcaklığı, kızartma süresi, gıda maddesinin kompozisyonu, gıda maddesinin su içeriği, yağın doymamışlık derecesi vb [8]. Kızartma prosesi, kızartılan gıda maddesinin içinde meydana gelen birçok farklı kimyasal tepkimelerden dolayı insan sağlığı için önem taşıyan bir pişirme yöntemidir. Yağın sıcaklığı, baştaki nem içeriği, kızartma süresi ve gıdanın dilim kalınlığı kızartma işleminde önemli parametrelerdir [9].

Kızartma prosesi gıda maddesine ve özellikle de kızartma yağına bağlı olan oldukça karışık bir işlemde oluşmaktadır, temelde bir dehidrasyon işlemi olan kızartma prosesi aşağıdaki üç temel özelliği içermektedir.

1. Yüksek yağ sıcaklığı (160-180 °C); ısı transfer hızını artırarak, pişme süresini kısaltır,
2. Ürünün iç sıcaklığı 100 °C' yi geçemez

### 3. Suda çözünme özelliğine sahip maddelerin kaybı minimumdur [10].

Kızartma işlemi çok karmaşık bir mekanizma olmakla birlikte; sıcak yağ, gıda maddesinin pişmesini sağlamak için ısı transfer ortamının oluşturulmasında işlev görmektedir. Sıcak yağın içine daldırılan gıda maddesinin yüzey ısısı hızla artar ve gıda maddesindeki su buharlaşarak yapıdan uzaklaşır; bunun yanında gıda maddesinde bulunan katı yağlar ise ergimeye başlar. Kızartma işlemi sırasında ortaya çıkan buhar ve ergimiş yağ gıda maddesinin iç tarafından yüzeye ve yüzeyden de kızartma yağının içine hareket eder. Gıda maddesinden ayrılan su buharı ise uzaklaştığı noktalarda geniş çaplı boşluklar oluşturur. Bu boşluklar kızartma yağı tarafından doldurulur. İlk aşamada, su buharı gıda maddesinin yüzeyinde oluşan ince yağlı film benzeri tabakayı aşmalıdır. Bu film tabakasının kalınlığı ise yağın kıvamı ve viskozitesiyle ilişkili olarak, ısı transfer hızı üzerinde öneme sahiptir. Bu süreçte, kızartılan gıda maddesinin içerisinde oluşan su buharı basıncı, nem kaybından sonraki dikkat çeken önemli bir güç olarak bilinmektedir [10].

Gıdanın merkezine kadar ulaşan ısı transferi sonucunda pişme süreci gerçekleşmekte, diğer bir deyişle jelatinizasyona uğramış nişasta ve denatürasyona uğramış protein oluşmaktadır. Kısa bir süre sonra, gıda maddesinin yüzey tabakasında oluşan kurumadan dolayı iç tarafa doğru hızla transfer olan kabuksu bir yapı meydana gelmektedir. Bir sonraki basamakta, gıda maddesinin yüzeyindeki sıcaklık, kızartma yağının sıcaklığına ulaşır. Ürünün yüzeyinde oluşan sıcaklık artışı ile birlikte oldukça karmaşık ısı-kütle transfer reaksiyonları gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonlara ek olarak, tüketici tarafında arzu edilen çıtır-gevrek tekstürel doku, esmerleşme ve kızartma lezzeti gibi kriterler de oluşmaya başlamaktadır [11].

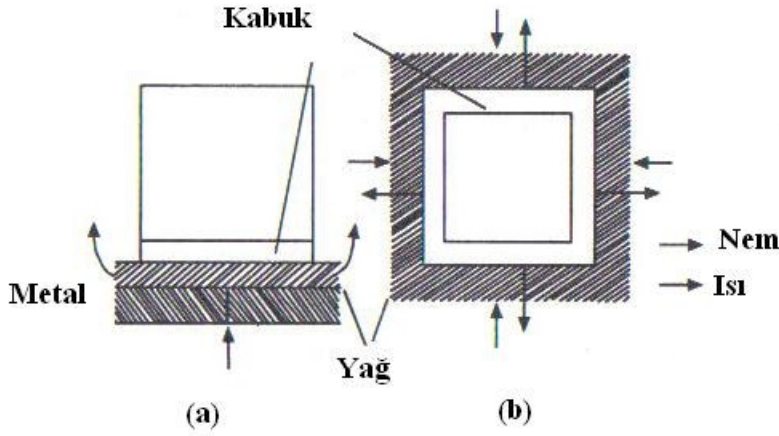
Kızarmış gıda maddesinin esmerleşme derecesi başta şeker içeriği olmak üzere, diğer katkı maddeleri ve kızartma yağının sıcaklık derecesine göre değişkenlik göstermektedir. Kızarmış gıda maddelerinde ise kızartma bitiminde içerdiği yağ içeriği, tekstürel özellikleri ve kritik öneme sahip akrilamid içeriği kalite kriterleri olarak değerlendirilmektedir. Kızartma süresi boyunca ürünün görünümü, boyutu ve şekline de bazı değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Yağın kalitesindeki değişiklikler, kızarmış gıdanın depolamadaki stabilitesini önemli bir şekilde etkilemektedir [12,13].

Kızartma yağının sıcaklığı, gıda maddesinin ilave edilmesi ile birlikte düşmektedir, gıdanın içerisindeki sıcaklık da yavaşça artmakta olup ve sıcaklık 100°C'ye eriştiğinde iç taraftaki su yüzeye transfer olmaktadır. Kızartma sıcaklığının 150°C'den 180°C'ye kadar değişmesinin bu transfer olayına önemli bir etki etmediği bildirilmiştir.

arasında önemli bir etki yaratmadığı ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, yüzeydeki yağ absorpsiyonunun yüksek sıcaklıklarda daha düşük seviyede olduğu ve daha düşük sıcaklıkların yağ absorpsiyonunda artışa yol açtığı belirlenmiştir.[13]. Isı transferindeki farklı durumlar temel alınarak kızartma prosesi başlıca 2 grupta incelenebilir:

**a. Temaslı (Sığ) Kızartma:** Sığ kızartmada geniş yüzey alanına sahip kızartma sistemlerinden faydalanılır. Kızartma yüzeyi ve kızartılan ürün arasında bulunan yağ tabakasının kalınlığı, ürün ve kızartma yüzeyinin temas alanına bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Kızartılan ürünün tek yüzeyinin, kızartma yüzeyi ile temas etmesinden ötürü konveksiyonel ısı tranferi oluşmakta ve proses uzun zaman aldığından, tam homojen bir kızartma sağlanamamaktadır [14].

**b. Derin Kızartma:** Yöntem, kızartılan ürün ve kızartma ortamı arasında konveksiyonel ve kondüksiyonel ısı transferlerinin gerçekleşmesi esasına dayanmaktadır. Derin kızartma prosesinde, kızartılan materyal kızartma yağı tarafından her noktada homojen sarıldığı için ısı transferi hızla ve homojen biçimde gerçekleşmektedir. Farklı matrikslere sahip gıdalara uygulanma kolaylığı sağlaması avantaj olarak görülmekle birlikte, özellikle düzensiz yüzey yapısına sahip olan matrikslerde yağ taşmalarına ve dolayısıyla kayıplara yol açabilmektedir. Derin kızartma süresince, başlangıç ısı transfer katsayısı giderek yükselmekte ve bu durumun nedeni gıda yüzeyinde oluşan kabuklaşma sonucu, su buharının neden olduğu türbülans olarak görülmektedir. Buharlaşma hızının çok yüksek olması sonucunda ise ısı transfer katsayısı değeri tekrar düşüşe geçmektedir. Sığ ve derin kızartma işlemlerinde ısı ve kütle transferi Şekil 2. 1’de gösterilmiştir [14].



Şekil 2. 1. Sığ ve derin kızartma proseslerinde gerçekleşen ısı ve kütle aktarımı [14]

### 2.3 Kızartma Süresince Meydana Gelen Fiziksel ve Kimyasal Tepkimeler

Kızartma süresince kızartma ortamı olarak görev yapan yağda ve kızartılan gıda maddesinde farklı derecelerde ve türlerde reaksiyonlar cereyan etmektedir. Yüzey renginin koyulaşması, nem kaybı, arzu edilen çıtır yapının oluşumu, kızartma tat ve lezzetinin oluşumu kızartılan gıda maddesine özgü değişimler olup, kızartma yağında hidroliz, oksidasyon, polimerizasyon gibi başlıca tepkimeler gözlenmektedir [12].

#### 2.3.1 Kızartılan Gıda Maddesinde Gözlenen Değişimler

Kızartma esnasında besin maddesi ısı ve kütle transferinin gerçekleştiği bir ortamda birçok kimyasal reaksiyona maruz kalmakta ve ürünün görünümü, boyutu ve şeklinde de birtakım değişiklikler meydana gelmektedir. Yağın kalitesindeki değişiklikler, kızarmış ürünün depolama stabilitesini önemli derecede etkilemektedir. Nem içeriği, yağ içeriği, akrilamid içeriği, yoğunluk, porozite, renk ve tekstür kızarmış gıdalar için önemli kalite kriterleridir [12,13].

#### 2.3.2 Kızartma Yağında Gözlenen Tepkimeler

Isıl işlem etkisi ile açığa çıkan “oksidasyon reaksiyonu” kızartma yağında oluşan en kritik reaksiyonların başında gelmektedir. Oksidasyon sonucu oluşan kararsız hidroperoksitler, kızartma süresi ve sıcaklığındaki artışa paralel olarak hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar, karboksilik asitler gibi ileri/ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşmektedirler. Kızartma yağının kalite parametrelerini etkileyen bu tür tepkimeler



oksijen, nem, pro-oksidan elementler ve serbest radikallerin varlığı ile daha da hız kazanmaktadır. Oksidasyona ek olarak hidroliz, polimerizasyon, izomerizasyon reaksiyonları da kızartma proses süresince gözlenen önemli reaksiyonlar arasında bulunmaktadır [15-17].

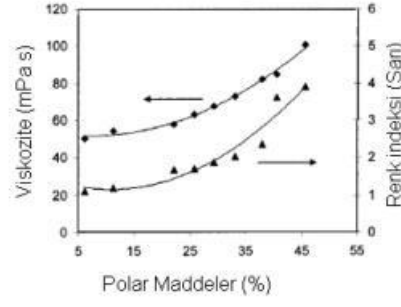
Kızartma süresince yağın maruz kaldığı yüksek sıcaklık, oksijen, gıda materyalinin içerisinde gelebilecek su ve işlem süresi kızartma yağında farklı reaksiyonların meydana gelmesini teşvik etmektedir. Bu reaksiyonların en temeli de hidroliz reaksiyonu olup, yağ asitlerinin yıkılmaya başlamasını ifade etmektedir. Reaksiyonun ilerlemesi sonucu ortamdaki serbest yağ asitliği düzeyi artmakta lakin yağ asitlerinin uçucu özellik sergilemesi sebebiyle yağın kullanılamaz hale gelmesinde tek kriter olarak değerlendirilememektedir [16].

Oksidasyonun ilk basamak ürünleri olan peroksitler kızartma prosesinin ilerlemesiyle ivme kazanan bileşikler olmalarına rağmen, oksidasyonun hız kazanması sonucu ikincil (ileri oksidasyon) ürünlere parçalanmakta ve bu yüzden analiz edilen peroksit sayısı düzeyinde indirgenmeye neden olmaktadır [17-18].

Doymamışlığın belirlenmesinde temel bir kriter olan iyot sayısının ise doymamış yağ asitlerinde oluşan oksidasyon reaksiyonlarına bağlı olarak, özellikle de kızartma yağının doymamışlık derecesine göre, değişim gösterdiği bildirilmiştir [16-18].

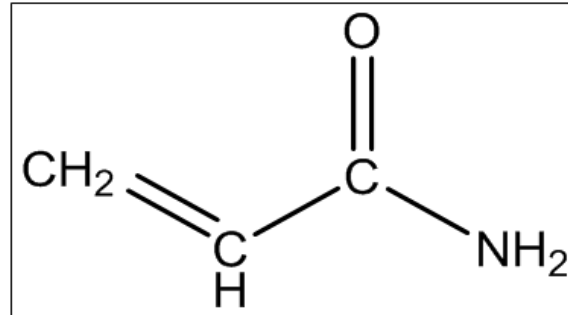
Yağ asitlerinin uzunluğu ve doymamışlığından etkilenen kırılma indisi değeri, kızartmanın ilerleyen safhalarında oksidasyonun ilerlemesine bağlı olarak artış gösterebilmektedir. Benzer şekilde kızartma süresinin artışının polimerizasyon tepkimelerine yol açması sonucu, yağın giderek daha viskoz bir kıvam ve daha yoğun/koyu bir renk aldığı rapor edilmiştir [19, 20].

Tüm dünyada kızartma yağlarının kullanılabilirliğinin test edilmesi ve kullanım ömrünün belirlenmesinde kullanılan en güvenilir ve önemli kriterlerin başından toplam polar madde (TPM) değeri gelmektedir. Kızartma yağının okside, polimerize, dimerize olmuş yağ asitleri içeriği ile suda çözünmeyen maddelerin düzeylerinin artışı yağın dielektrik sabitesini direkt olarak etkilemekte ve toplam polar madde içeriğinin yükselmesine yol açmaktadır [21-22]. Birçok ülkede kızartma yağlarının toplam polar madde içerikleri yasal olarak (max % 24-25) sınırlanmış ve hatta maksimum % oligomerik madde içerikleri dahi bazı ülke mevzuatlarında yerini almıştır. Ülkemizde de kızartma işleminde kullanılan sıvı ve katı yağların toplam polar madde değerinin % 25'i geçmemesi gerektiği bildirilmiştir [23-24].



Şekil 2. 2. Isıl işlemin kızartma yağı viskozitesi, renk indeksi ve polar madde içeriğine etkisi [22]

Yalnız kızartma ortamı olan yağda değil kızartılan gıda maddesinde de farklı reaksiyonlar oluşmakta ve tüm bu reaksiyon ürünleri gıda maddesinin fiziko-kimyasal yapısında kritik rol oynamaktadır. Kızartmanın gıda maddesine kazandırdığı duyusal niteliklerin en başında arzu edilen renk, koku ve lezzet kazanımı gelmekle beraber, yükselen sıcaklık ve sürenin kızartılan gıdanın rengi, kokusu ve lezzeti üzerinde negatif özelliklere yol açtığı bilinmektedir [25-26]. Buna ek olarak gıda matriksinin içerdiği besinsel kompozisyonda yağın yıkımından önemli rol oynamaktadır. Yüksek su ve şeker içeriğine sahip gıdaların, diğer gıda kompozisyonlarına kıyasla birçok reaksiyonu tetiklediği bildirilmiştir. Bu alanda yapılan farklı çalışmaların çoğu akrilamid üzerine yoğunlaşmıştır. Yüksek sıcaklık ve karbonhidrat içeriğinin kanserojen bu maddenin oluşumunu tetiklediği ve özellikle parmak patates cipslerinde insan sağlığı için kritik önem taşıyan 4 ppm düzeyine kadar yükselbildiği belirtilmiştir [26-29].



Şekil 2. 3. Akrilamidin yapısı [27]

## **2.4 Kızartma Süresince Kızartma Yağının Kalitesini Etkileyen Faktörler**

Derin yağda kızartma sırasında gerek yağın gerekse kızartılan gıda maddesinin yıkımını etkileyebilecek faktörlerin minimuma indirgenmesi üzerine farklı yöntemlere başvurulmaktadır [4].

### **2.4.1 Taze Yağla Yenileme**

Kızartma yağının düzenli biçimde taze bir yağ ile katkılanması, diğer bir ifadeyle kızartma ortamındaki taze yağ miktarının yüksek olması hem kızartma yağı gemde kızartılan ürünün kalitesi açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Kızartma ortamına taze yağ ilavesi polar maddelerin, diaçilgliserollerin, serbest yağ asitlerinin oluşumunu indirgeyici yönde etki gösterirken, kızartma yağının kullanım ömrü ve kalitesini de iyileştirmektedir. Taze yağ ile yenileme düzeyinin kızartıcı kapasitesinin %15-%25'i aralığında olmasının olumlu etki sağlayacağı bildirilmiştir [4, 30, 31]

### **2.4.2 Kızartma Süresi ve Sıcaklığı**

Kızartma süresinin uzatılması serbest yağ asitliği, toplam polar madde, dimer ve polimer madde içeriklerindeki artışı teşvik etmektedir. Polar bileşenlerin oluşumu ilk 20 dk içinde hızlanır. Kızartma sıcaklığının yüksek olması yağların oksidasyon ve polimerizasyon reaksiyonlarını hızlandırmaktadır. Isı artışının yağda kademeli bir şekilde uygulanması ve soğutulmasının, sürekli ısıtmaya kıyasla daha fazla bozulmaya yol açtığı bildirilmiştir. Bu olayın nedeni yağın soğutulması sonucu kızartma sıcaklığından daha düşük sıcaklığa getirilmesi ve dolayısıyla oksijenin yağdaki çözünürlüğünün artırılmasıdır. Kesikli kızartma proseslerinde ayçiçeği yağındaki linoleik asidin %25'i yıkıma uğrarken, sürekli kızartma prosesinde bu yıkım %5'e düştüğü tespit edilmiştir [32]

### **2.4.3 Kızartma Yağının Kalitesi**

Kızartma işleminde kullanılacak yağların, serbest yağ asitliği ve peroksit sayısı değerleri düşük, sürekli kullanım sırasında yıkmaya dayanıklı olmaları bakımından da oksidatif dayanımları yüksek olmalıdır. Serbest yağ asitlerinin ortamdaki artışı ve yağ asitlerinin doymamışlık dereceleri hidroliz ve oksidasyon reaksiyonlarında kritik öneme sahip parametrelerdir. Özellikle linoleik (C18:2) ve linolenik (C18:3) asitler gibi çoklu doymamış yağ asitleri kızartma yağının stabilitesi ve yağın kalitesi için kritik olmaktadır [4, 33].

Kızartma yağlarındaki doymamış yağ asitleri içeriğinin indirgenmesinde yararlanılabilecek iki teknik söz konusudur: hidrojenasyon ve genetik modifikasyon. Hidrojenasyon işlemi yağın kızartma stabilitesini arttırmasına rağmen, trans yağ asidi ve metalik tat oluşumuna sebebiyet vermesi nedeniyle, özellikle düşük linolenik asitli yağların kızartma kalitesini geliştirici yönde avantajlı kabul edilmemektedir.

Genetik modifikasyona uğrayan yağlı tohumlar ve meyvelerden elde edilen yağların da kızartma stabiliteleri yüksek olduğundan, özellikle modifikasyonla linolenik asit içeriği indirgenmiş yağlar hidrojene kızartma yağları yerine alternatif olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, farklı özelliklere sahip yağların harmanlanmasının yağ asidi kompozisyonların değiştirilmesi ve kızartma süresince yağların oksidasyonunun engellenmesi bakımından tavsiye edilen bir uygulamadır [34, 35, 36]. Kızartma yağının farklı karakterdeki adsorban materyalleri ile filtrelenmesinin, yağın kalitesini geliştirebildiği belirtilmiştir. Bu amaçla yapılan bir çalışmada, %2 pekmez toprağı, %3 bentonit ve %3 magnezyum silikat karışımı bir kızartma yağının filtrasyonunda kullanılmış ve sonuç olarak filtrasyon sonrası serbest yağ asitleri ve konjuge dienlerin miktarında düşüş gözlenmiştir. Benzer şekilde, Hubesorb 600, Magnesol XL gibi ticari adsorbanlarla kızartma yağı muamelesinin de serbest yağ asitliği ve toplam polar madde içeriğinde istenen düşmenin sağlandığı rapor edilmiştir [37, 38, 39]. Çizelge 2.1’de kızartma yağlarının sahip olması gereken genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Kızartma yağlarına ait genel özellikler [40]

Parametre	Kullanılmamış Yağdaki Seviyesi
Serbest yağ asitleri	max %0,05-0,08
Peroksit değeri	max 1,0 meqg O <sub>2</sub> /kg yağ
Dumanlanma noktası	min 200 °C
Nem	max %0,10
Tat ve koku	Hafif, yumuşak

#### 2.4.4 Gıdanın Bileşimi

Gıda maddesinin içerdiği su, kızartma süresince su buharına dönüşmekte ve ilk aşamada kızartıcının yüzeyinde havayla temasını kesen bir buhar örtüsü vazifesi görmektedir.

Bu avantajına rağmen, gıdanın içerdiği suyun hidrolizi hızlandırıcı, oksidasyonu teşvik edici yönde istenmeyen katkıları da bulunmaktadır. Emülgatör özellikte olan lesitin yüksek düzeyde içeren gıdaları kızartılması esnasında ise köpük oluşturdıkları gözlenmektedir. Benzer biçimde ürünün nişasta içeriği yağın bozunmasını hızlandırırken, aminoasitlerin de yağın bozunmasını engelleyici yönde etki sağladığı bildirilmiştir. Pro-oksidan elementlerden biri olan demir ise kızartma yağının oksidasyonu ve termal bozunmasında kritik öneme sahiptir [32].

#### **2.4.5 Kızartıcı Tipi**

Kızartıcının tipi kızartma yağının bozunmasına etki etmekte ve yağa homojen ısı uygulanması sıcak noktaların oluşumunu ve yağın yanmasını engelleyici etki sağlamaktadır. Kızartma ortamında biriken polimerize yağ, kızartıcı iç yüzeyinde zank oluşumuna, köpük gelişimine, kızartılan üründe ve yağda renk kararmasına ve benzeri istenmeyen sonuçlara yol açmaktadır. Yağın havayla temasının azaltılması için, kızartma prosesinin küçük bir yüzey/hacim oranına sahip kızartma ortamında ve derin yağda yapılması önerilmektedir [4].

#### **2.4.6 Antioksidanlar**

Tersiyer bütül hidro kinon (TBHQ), bütillenmiş hidroksianizol (BHA) ve bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) kızartma amacıyla kullanılacak yağlarda ve kızartılmış gıda maddelerinde kullanımına izin verilen en yaygın sentetik adsorbanlardır. Kızartma süre ve sıcaklığının ilerlemesinin bu antioksidanlar üzerinde yıkıma yol açacağı ve etkilerinin zamanla azalabileceği bildirilmiştir [41-43].

#### **2.4.7 Yağdaki Çözünmüş Oksijen İçeriği**

Azot ve karbondioksitle yıkama, yağdaki çözünmüş oksijen düzeyinin indirgenmesi yoluyla kızartma süresince oksidasyon tepkimesinin yavaşlatılması veya engellenmesinde olumlu etki sağlamaktadır. 5-15 dakika arasında değişen azot ve karbondioksitle yıkama sürelerinin faydalı olabileceği bildirilmiştir [4].

### **2.5 Kızartma Yağlarının ve Kızartılmış Gıda Maddesinin Duyusal Özellikleri**

Kızartma prosesi için çoğunlukla bitkisel yağların tercih edildiği göz önüne alındığında, kızartmanın ilerlemesiyle birlikte yağların çimensi, meyvemsi, fasulyemsi gibi

koku ve lezzet özellikleri kazandığı belirlenmiştir. Buna ek olarak, kızartma yağının doymamışlık derecesindeki artışın özellikle fındıgımsı, yanmış ve balıgımsı aroma oluşumunu tetiklediği bildirilmiştir. Arzu edilen kızartma aromasının oluşumunda yağın kompozisyonu kadar, kızartılan gıda maddesinin matriksi ve ortamın oksijen düzeyi de önem taşımaktadır [44, 45].

## **2.6 Kızartılan Gıdaların Yağ Absorpsiyonu**

Bir araştırmada patates kızartma süresince yağ absorpsiyonundaki değişim incelenmiştir. Yağın bozunmasının, kızartma süresini ve gıda maddesi tarafından absorbe edilen yağ miktarını da artırdığı fark edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, 20 kızartma bitiminde %8,5 olan yağ absorpsiyonunun, 40 kızartma sonunda 2 katına kadar yükselebildiği görülmüştür. Kızartılmış gıdaların yağ absorpsiyonu üzerinde yağın absorpsiyonu, gıdanın özgül ağırlığı, su içeriğinin artışı gibi birçok parametrede sorumlu olmaktadır [47-48]. Bir çalışmada, patates kızartmalarının yağ absorpsiyonu üzerine farklı bağıl nemdeki kurutma koşullarının etkisi irdelenmiştir. Araştırmacılar kurutulmamış patates dilimlerinin %2'lik bağıl neme kurutulmuşlara kıyasla daha fazla yağ absorpsiyonuna sahip olduğunu, diğer bir ifadeyle yüzey nemindeki artışın yağ absorpsiyonunu indüklediğini bildirmişlerdir [49]. Daha eski bir çalışmada ise, yüzey-hacim oranına bağlı olarak yağ absorpsiyon düzeyinin değiştiği ve yüzey alanı büyüdükçe yağ absorpsiyonunun arttığı rapor edilmiştir [50].

## **2.7 Kızartma Yağlarıyla İlgili Yasal Mevzuatlar**

### **2.7.1 Taze Kızartma Yağlarına Yönelik Yasal Mevzuatlar**

Yağlı tohum kolzasının yüksek erusik asit (orijinal olarak %40'tan fazla) içeriğinden dolayı Avrupa Birliği eski çeşitler ile yenilebilir çeşitler arasında bir ayırım yapmış ve Avrupa Komisyonu Yönetmeliği ham yağlara ait erusik asit düzeyini maksimum %5 olarak bildirmiştir. Avusturya'da zeytinyağı ile kızartma yapılması yasaklanmış olup, kızartma yağlarına yönelik düzenlem de sadece serbest yağ asitliği ve dumanlanma noktası değerleri dikkate alınmaktadır. İngiltere'de ise balık ve patates kızartmaları için palm ve domuz yağları tercih edilirken, okul yemekhaneleri için Ayçiçek yağında kızartma yapılması uygun görülmektedir [1].

### 2.7.2 Kullanılmış Kızartma Yönelik Yasal Mevzuatlar

Dünya genelinde kızartma yağları için belirlenen kabul edilebilir limitler değişkenlik göstermektedir. Kızartma yağlarının kullanıma uygun olmasında, serbest yağ asitliği ve dumanlanma noktası en temel kabul edilen 2 kalite parametresi olup, yağın polar bileşenleri, oksijen yağ asitleri, dimer ve polimer içeriklerinin de dikkate alındığı yasal mevzuatlar mevcuttur [1].

Çizelge 2. 2. Kullanılmış kızartma yağlarına ait düzenlemeler [1]

	Avusturya	Belçika	Fransa	Almanya	İtalya	Hollanda	Portekiz
En yüksek kızartma sıcaklığı (°C)	180	180	180		180		180
Dumanlanma noktası (en düşük °C)	170			170			
Serbest yağ asitleri (% en fazla)		2,5					
Asit değeri (en fazla)	2,5			2			
Polar bileşenler (% en fazla)	27		25	24	25		25
Oksidize yağ asitleri (% en fazla)	1			0,7			
Dimerler ve polimerler (% en fazla)		25				16	
50 °C'deki viskozite (en yüksek mPa.s)		37					

### 2.7.3 Türkiye'deki Yasal Düzenlemeler

Türkiye'de Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından 26627 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan 'Kızartma Amacıyla Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Kontrol Kriterleri Tebliği' (Tebliğ No:2007/41) yürürlükte'dir [79]. Tebliğ metni olduğu gibi aşağıya alınmıştır.

Amaç

MADDE 1 – (1) Bu Tebliğin amacı; gıda maddeleri üretim, satış ve toplu tüketim yerlerindeki kızartma işlemlerinde kullanılmakta olan katı ve sıvı yağların resmi kontrol ve denetimlerindeki fiziksel ve kimyasal kriterlerini belirlemektir.

Kapsam

MADDE 2 – (1) Bu Tebliğ, gıda maddeleri üretim, satış ve toplu tüketim yerlerinde kızartma amacıyla kullanılmakta olan katı ve sıvı yağlarını kapsar.

Hukuki dayanak

MADDE 3 – (1) Bu Tebliğ, 5.6.2004 tarih ve 25483 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun'un 18'inci ve 23'üncü maddelerine göre hazırlanmıştır.

Tanımlar

MADDE 4 – (1) Bu Tebliğ kapsamında yer alan kızartma yağı: Gıda maddelerinin kızartılması sırasında kullanılan katı ve sıvı yağı ifade eder.

Fiziksel ve kimyasal özellikler

MADDE 5 – (1) Kullanılan kızartma yağlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri Ek- 1'de verilmiştir.

Denetim

MADDE 6 – (1) Bu Tebliğe ait hükümler; 27.5.2004 tarihli ve 5179 sayılı "Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun"a göre Tarım ve Köyisleri Bakanlığı tarafından denetlenir.

Numune alma ve analiz metotları

MADDE 7 – (1) Bu Tebliğ kapsamındaki üründen Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'nin Numune Alma ve Analiz Metotları bölümünde belirtilen kurallara uygun olarak numune alınmalı ve uluslararası kabul görmüş analiz metotları uygulanmalıdır.

Yürürlük

MADDE 8 – (1) Bu Tebliğ yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 9 – (1) Bu Tebliğ hükümlerini Tarım ve Köyisleri Bakanı yürütür.

EK-1

Kızartma Amacıyla Kullanılmakta Olan Yağların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Özellik Limit

Polar Madde  $\leq$  %25

Dumanlanma Noktası  $>$  170 °C



## 2.8 Derin Yağda Kızartma İşleminin Beslenme Açısından Değerlendirilmesi

### 2.8.1 Beslenme Üzerine Etkisi

Tokoferoller, C vitamini ve B grubu vitaminler kızartma sıcaklığında kolaylıkla yıkıma uğrayan bileşenlerdir. Karotenoid pigmentleri ısıya dayanıklı olmakla birlikte, özellikle oksijen varlığında kolaylıkla okside olabilmektedirler. Mineraller de kızartma işleminden etkilenen temel öğeler arasında bulunmaktadır. Gıda matriksinde genel olarak kompleks formda bulunan demir ve bazı diğer ağır metaller, kızartma prosesi süresince kısmen dekompoze olmakta ve iyon formları yağa geçerek oksidasyona direncinin azalmasında rol oynamaktadırlar. Selenyum ve civa türevleri gibi uçucu özellik sergileyen mineraller ise, kızartma sıcaklığının artmasıyla birlikte kısmi kayıba uğramaktadırlar [51].

## 2.9 Silika İçeriğince Zengin Tarımsal Yan Ürünler

### 2.9.1 Arpa (*Hordeum Vulgare L.*)

Arpa (*Hordeum Vulgare L.*) çoğunlukla malt üretiminde ve yem sanayinde kullanılan, ticari öneme sahip bir tahıldır. Dünya tahıl üretiminde mısır, buğday ve pirinçten sonra 4. sırada gelen arpa bitkisi, Türkiye’de ise buğdaydan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Buğday ekimine elverişli olmayan coğrafyalarda, temel besin ögesi tercihi arpa yönünde olmaktadır. Dünya arpa kullanımını pastasında en büyük payı % 65 lik dilim ile yem endüstrisi karşılamaktadır; bunu takiben % 33’lük dilim sırasıyla malt olarak bira ve viski yapımında, % 2’lik dilim ise gıda endüstrisinde farklı ürün formülasyonlarında kullanılmaktadır. Ülkemiz koşulları incelendiğinde, arpa tüketiminin neredeyse tamamının (% 90) hayvan yemi şeklinde seyrettiği görülmektedir. Geri kalan 5% 10’luk kısım ise alkollü içki endüstrisinin değerli hammaddesi olan malt yapımında tercih edilmektedir. Arpanın kullanımını etkileyen en önemli faktörlerden biri de içerdiği protein oranıdır. Yüksek protein içeriğine sahip arpaların hayvan yeminde, düşük protein içeriğine sahip olanların ise biracılıkta kullanılması yönünde bir eğilim vardır. Avrupa’da orta çağ döneminde insan beslenmesinde fazla tercih edilmemesine rağmen son yıllarda arpaya duyulan ilgi artmaktadır [52].

### 2.9.2 Yulaf (*Avena Sativa L.*)

Yulaf (*Avena sativa l.*) içerdiği yüksek düzeydeki nişastadan dolayı, ekimi ve yetiştiriciliği yaygın yapılan önemli bir tarım bitkisidir. Yüksek protein, nişasta içeren yulaf

taneleri daha çok hayvan yemi olarak tercih edilen yulafın, insan beslenmesinde de klinik kanıtlanmış etkileri bulunmaktadır. Ekmekçilik açısından önemli bir kalite kriteri olan hacim artışı, yulaf unundan elde edilen ekmeklerde buğday unundan elde edilen ekmeklere kıyasla daha zayıf kalmaktadır. Yulaf kepeğinin sağlığa olumlu etkileri rapor edilmiştir. Zararlı (LDL) kolesterolü azaltmasının yanı sıra kan şekerini, kan basıncını da dengelediğini ve kilo kontrolünü kolaylaştırdığı da bilinmektedir [53].

### **2.9.3 Buğday (*Triticum Aestivum L.*)**

Buğday tanesinin yaklaşık kompozisyonu % 65–75 nişasta, % 8–15 protein, % 1–5 yağ, % 1,5–3 şeker, % 1–2 kül ve % 11–13 nem olarak bildirilmiştir. 2016/17 dönemi küresel buğday üretim rakamlarına göz atıldığında 221.60 milyon hektar alanda 751.5 milyon tonluk üretim rakamı görülmektedir. Bu üretim rakamının % 3 lük bir kısmı ise Türkiye tarafından sağlanmaktadır [54]. Buğday kepeği bünyesinde yenilebilir ve yenilemeyen özelliklere sahip çok değerli kısımlara (selüloz,  $\beta$ -glukan, nişasta, lignin, protein ve fenolik asitler vb.) sahip bir yan üründür. Sahip olduğu bu kompozisyon buğday kepeğini başta gıda olmak üzere, tarım ve ilaç endüstrisi için değerli kılmaktadır. Özellikle yapısından dolayı formdan yer alan fenolik asitlerin obezite, kanser, diyabet gibi kronik rahatsızlıklar üzerindeki olumlu klinik etkileri kanıtlanmıştır [53]. Farklı gıda ürünlerinin formülasyonlarında değerlendirilme çalışmaları da yürütülmüş ve özellikle ekmek, kek vb. unlu mamüllerde fonksiyonellik kazandırmak için buğday kepeği katkıları gerçekleştirilmiştir [55].

### **2.10 Kızartma Yağlarının Adsorbanlarla Muamelesi**

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, kızartma yağlarının kalitesinin korunmasında en yaygın kullanılan yöntemlerin taze yağ eklenmesi ve kızartma sobrası filtrasyon işlemi uygulanması olduğu görülmektedir. korumak için çoğu kez kullanılan bir metot, periyodik olarak taze yağ eklemektir. Bu amaçla farklı materyallerden (çelik, plastik ve kağıt yapıda filtreler) imal edilmiş filtre aparatlarından yararlanılabilmekte ve bu teknik “pasif filtrasyon” olarak adlandırılmaktadır [58]. Daha gelişmiş bir teknik kabul edilen “aktif filtrasyon” da yağda çözünen tüm partiküllerin yağdan eliminasyonu hedeflenmektedir [59]. Aktif filtrasyonda yüzey alanı ve gözenek çapları dikkatle seçilen, yağda çözünmeyen ve yağı minimum derecede absorbe etme özelliğine sahip adsorbanlar görev almaktadır. Bu adsorbanların en yaygın bilinenleri  $\alpha$ -selüloz, silika jel, magnezyum oksit, magnezyum ve

kalsiyum silikat, aktif karbon kökenli olabilmekte, bazen de hepsinin karışımı kullanılabilir [60-61]. Kullanılmış kızartma yağının, magnezyum veya alüminyum oksit tozu ve ardından da tonsille muamele edildiği bir araştırmada başta iyot sayısı olmak üzere, serbest yağ asitliği değerinde, peroksit değerinde, TBA sayısında ve renkte belirgin değişimlerin meydana geldiği gözlenmiştir [62]. Bir diğer çalışmada ise silika jel, magnezyum oksit, kalsiyum silikat, aktif karbon gibi adsorbanları içeren kızartma tozunun yağ renginin, toplam polar madde, konjuge dien ve trien içeriklerinin düzeyinde kontrol grubuna kıyasla 2/3 oranında azalmaya yol açtığı tespit edilmiştir [63-64].

Uygun adsorban materyaller kızartma yağının muamelesinin sağladığı olumlu etkiler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- (1) Kızartma prosesinin etkinliğini ve üretkenliğini geliştirerek birim zamanda kızartılan gıda maddesi miktarını artırır.
- (2) Kızartılan gıda maddesinin duyu özelliklerini ve ürün kalitesini iyileştirir.
- (3) Kızartılan gıda maddesinin absorbe ettiği yağ düzeyini düşürmek ve yağdaki yıkım reaksiyonlarını azaltmak suretiyle, daha sağlıklı kızartma ürünlerinin oluşumunu teşvik eder.
- (4) Kızartma süresince harcanan enerji maliyetini azaltır.
- (5) Kızartma yüzeyindeki birikmeyi önleyerek, polimerizasyonu engeller.

Adsorban kullanımının olumlu etkilerine ek olarak bazı dezavantajları da olabileceği bildirilmiştir. Örneğin, aktif karbonun adsorpsiyon süresince yağın değerli bileşenlerini (örneğin tokoferoller) uzaklaştırdığı gözlenmiştir [67].

Son yapılan bir araştırmada [68], doğal zeolit ve yüzey modifikasyonu yapılmış zeolit türlerinin adsorban etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında doğal zeolit, zeytin karasuyu, hidroklorik asit,  $\beta$ -siklodekstrin ve tween 80 ile modifiye zeolit olmak üzere 5 deneme grubu kullanmıştır. Kızartma yağı olarak rafine fındık yağı tercih edilmiş ve kızartma süreci altı ardışık gün tekrarlanmıştır. Adsorban topraklarında ölçülen adsorpsiyon kapasite değerlerinin tween 80 ile modifiye zeolit > hidroklorik asit ile modifiye zeolit > zeytin karasuyu ile modifiye zeolit >  $\beta$ -siklodekstrin ile modifiye zeolit > doğal zeolit biçiminde sıralandığı gözlenmiştir [68].

Yates ve Caldwell tarafından yapılan bir çalışmada, kızartma yağında polar maddelerin miktarını düşürmek amacıyla 12 ticari adsorbanın performansları karşılaştırılmıştır. Polar maddelerin adsorbanmasında en zayıf rolü diatome toprağının oynadığı tespit edilirken, magnezyum silikat ( Magnesol XL ) en iyi performansı sergilediği belirlenmiştir Silika Gel

60'ında magnezyum silikattan sonra en iyi performansı sergilediğini ve sonuç olarak her adsorban maddenin, adsorbe ettiği polar madde cinsinin ve miktarının farklı olabileceğini rapor etmişlerdir [64].

Akoh ve arkadaşları tarafından yapılan bir araştırmada, kızartma yağlarının rejenerasyonu için 4 farklı adsorban materyalinin performansları karşılaştırılmış ve en iyi sonuç aldıkları dört adet ticari adsorban materyalinin farklı kombinasyonlarını kızartma prosesinde denemişlerdir. Britesorp (silisyumdioksit + alüminyum hidroksit), Hubersorp 600 (kalsiyum silikat), Frypowder (rhyolite + sitrik asit) ve Magnesol (magnezyum silikat). Araştırmacılar farklı kızartma yağlarına, değişik miktar ve kombinasyonlarda üçlü adsorbent karışımlarını 150°C'de ilave etmişler ve en fazla 15 dakikaya kadar değişen sürelerde karıştırdıktan sonra süzmüşlerdir. Yapılan deneylerin sonunda %3 HB (hubersorp 600) + %3 MG (Magnesol) + %2 Fr (Frypowder) karışımı ile 6-9 dakika; %2 HB + %3 MG + %2 Br (Britesorp) karışımı ile 3-6 dakika muamele gören kızartma yağlarında önemli derecede iyileşmeler gözlemlendiği, tekrarlayan kullanımlarda yağların kullanım ömürlerinin uzatılabileceğini belirlemişlerdir. Bununla birlikte, özellikle HB+MG+Fr kombinasyonu ile rejenere edilen yağların tekrarlayan kullanımlarında, her 8 saat sonundaki adsorban muamelesi sonrasında polar madde miktarındaki artışın çok daha düşük olduğunu da belirlemişlerdir [69].

Silika jel, magnezyum oksit, aktifleştirilmiş kil ve alüminyum hidroksit materyallerinin kızartma yağının rejenerasyonu üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışma yürütülmüştür. adsorban etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, oda sıcaklığında bulunan kolonlar etkisi test edilecek adsorban materyallerle dolgulamayı takiben, kızartma yağının yer çekimi etkisiyle kolondan geçişini sağlamışlardır. Kolon alt noktasında alınan yağlarda %15, %28 ve %43 düzeylerinde silika jel kullanımının toplam polar madde içeriğinde sırasıyla %32,7, %72,0 ve %81,3 oranlarında indirgenme sağladığı gözlemlenmiştir. Diğer adsorban materyallere kıyasla, silika jelin en iyi rejenerasyon etkisi sergilediği rapor edilmiştir [70].

Bir başka çalışmada ise, biyodizel üretimi amacıyla kullanılan bazı kızartma yağlarının aktif karbon, hidrojen peroksitle aktifleştirilmiş aktif karbon ve magnezyum silikatla adsorban muamelesine tabi tutulmuştur [71]. Magneseol XL'nin patentli üreticisi olan; "Dallas Grup (The Dallas Group of America)" tarafından rapor edilen bir çalışmada ise, her kızartma öncesi bir gün önceden kullanılan yağın % 1'i oranından Magnesol ilavesi yapılmıştır. Takibinde yağın filtre edilmesinin kullanım süresini TPM ve serbest yağ asitliği

gibi yasal üst limitler göz önüne alındığında % 50'ye varan oranlarda arttırdığı ortaya konulmuştur.

Bir diğer çalışmada diatome toprağı, magnezyum silikat (Magnesol XL) ve kaolinin adsorban materyali olarak etkisi farklı karakteristiklere sahip bitkisel yağlar üzerinde test edilmiştir. Bu amaçla, yağlar kızartma sıcaklığına (180°C) kadar ısıtılmış ve bu sıcaklıkta 12 saat beklemeyi takiben sıcaklıkları 105°C'ye kadar düşükten sonra, % 1, % 2 ve % 4 düzeylerinde adsorban materyalleri ile 15 dakika muamele edilmiştir. Soya ve pamuk yağlarının serbest asitlik değerlerinin azalmasında etkisi test edilen adsorban materyallerin yakın performans sergilediğı belirlenirken, Magnesol XL'nin renk değerleri bakımından en olumlu sonucu verdiğı tespit edilmiştir. Ayçiçek ve hurma yağlarının asit sayısı değerlerinin indirgenmesinde sırasıyla kaolin ve magnesol XL en etkili adsorbanlar olarak belirlenmiştir. Asit sayısına benzer şekilde yağların TPM değerleri analiz edildiğinde, kullanılan adsorplayıcı konsantrasyonun artışı ile TPM değerlerinin indirgenmesinde doğrusal bir korelasyon olduğı saptanmıştır [72].

Kullanılmış süresince meydana gelen yıkım reaksiyonlarını engellemek amacıyla beş farklı membranın etkisinin denendiğı bir araştırma yürütülmüştür.. Silikon tabanlı polimit ve polisülfon yapıdaki membranların seçici olmakla beraber polar bileşenlerin ve oksidasyon ürünlerin geçişini sırasıyla %25-48 ve %24-44 oranında engellediğı tespit edilmiştir. Kompozit yapıdaki membranların ise yağda çözünür safsızlıkların indirgenmesinde başarılı olduğı belirlenmiştir [73-74].

Bu araştırma kapsamında, tarımsal yan ürün olarak açığa çıkan buğday kepeğı, arpa kavuzu ve yulaf kavuzunun yanması sonucu elde edilen küllerin adsorban kapasitesi ticari adsorban Magnesol XL' e karşı test edilecektir.

## **2.11 Adsorpsiyon Denklemleri**

### **2.11.1 Freundlich İzotermi**

Yağların fiziksel adsorpsiyon esasına göre adsorbant ile renklerin açılmasında bağı olduğı ilkeler Freundlich eşitliğı ile açıklanmaktadır. Denge noktasına ulaşıldığında Freundlich eşitliğı (Eş 2.1) aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [75].

$$\frac{X}{m} = K \times C^n$$

(2.1)

X= adsorplanan madde miktarı

m= adsorbant miktarı

C= adsorplanamayan madde miktarı

K,n sabit

### 2.11.2 Langmuir Izotermi

Bu izotermde, moleküllerin tek tabaka halinde adsorban yüzeyine bağlandığı, yüzeyin tamamının örtülmediği ve kısmen örtüldüğü, adsorpsiyon enerjisinin tüm yüzeyde aynı olduğu fakat adsorbe olan moleküller arasında etkileşme olmadığı gibi varsayımlar bulunmaktadır.

Langmuir izotermi aşağıdaki denklemlerle (Eş. 2.2) ifade edilir;

$$q_e = \frac{q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e}$$

(2.2)

qm = adsorbentin maksimum adsorplama kapasitesi (sabit)

KL = Langmuir adsorpsiyon denge sabiti

Bu denklem (Eş. 2.3) gerekli düzeltmeler yapıp doğrusallaştırıldığı takdirde;

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m \cdot K_L} + \frac{1}{q_m} C_e$$

(2.3)

Bu denkleme göre  $C_e$ 'ye karşı  $\frac{C_e}{q_e}$  grafiğe geçirildiğinde, doğrunun eğiminden  $q_m$  ve kayma değerinden ise  $K_L$  sabiti hesaplanabilmektedir [81].

### 3 MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Bu araştırmada bir adet ticari adsorban (Magnesol XL), üç adet bitkisel materyalden (arpa kavuzu, buğday kepeği ve yulaf kavuzu) elde edilmiş, silika içeriği yüksek küllerin kızartma yağlarıyla muamelesi sonucunda hem yağda hem de kızartılan besin maddesinde meydana getirdikleri değişimler incelenmiştir.

Araştırmada kullanılan bitkisel materyallerin seğiminde tarımsal atık olarak adlandırılmaları ve bitkiye kıyasla daha düşük ticari değere sahip olmaları dikkate alınmıştır. Ticari adsorban olarak seçilen Magnesol XL The Dallas Grup (Magnesol Product Division, Reagent Chemical and Research, Texas, ABD) tarafından sağlanmıştır. Arpa kavuzu ve buğday kepeği Sağlık Tarım Ürünleri, (Konya, Türkiye) yulaf kavuzu ise Akın Aklif Tarım Ürünleri (Bursa, İstanbul) firmalarından temin edilmiştir. Kızartmada kullanılan Ayçiçek yağı (Oruçoğlu Rafine Ayçiçek Yağı, Konya) ise Gümüş Gıda San. ve Tic. A.ř. (İstanbul, Türkiye) tarafından sağlanmıştır. Kızartma materyali olarak seçilen Nimet Gıda San. ve Tic. A.ř. (İstanbul, Türkiye) tarafından üretilen şoklanmış parmak patates ise yerel bir marketten satın alınmıştır. Kızartma ortamı olarak kullanılan fritözler (Premier PDF 5605, 2.5 lt, Premier Elektronik Paz. Dağ. ve San. Tic. A.ř., İstanbul, Türkiye) ticari olarak satın alınmıştır. Analizlerde kullanılan tüm kimyasal ve standart maddeler analitik saflıkta olup Merck (Darmstadt, Almanya) ve Sigma–Aldrich (St Louis, ABD)'den satın alınmıştır.

Bu araştırmada bir adet ticari adsorbannın, üç adet de bitkisel materyalden elde edilen, silika içeriği yüksek küllerin kızartma yağlarıyla muamelesi sonucunda hem yağda hem de kızartılan besin maddesinde meydana getirdikleri değişimler incelenmiştir.

Araştırmada Kullanılan Materyaller:

1. Arpa kavuz külü
2. Buğday kepeği külü
3. Yulaf kavuz külü
4. Magnesol XL
5. Ayçiçek yağı

## 6. Şoklanmış parmak patates

### 3.2 Yöntem

#### 3.2.1 Bitkisel Kaynaklı Silika Materyallerinin Hazırlanması

Arpa, buğday ve yulaf işleme fabrikalarından temin edilen kepek ve kavuzlara, Hobi Seramik Sanayi ve Tic. Ltd. Şti üretimli Nobertherm (30-3000 °C) markalı kül fırınında yüksek sıcaklıkta tamamen kül oluncaya kadar yakma işlemi uygulanmıştır. Elde edilen küllerin bir kısmı yüzey, kristal yapı ve morfolojik özelliklerinin analiz edilmesi amacıyla ayrılmış, geri kalan kısmı ise kızartma yağının adsorbanlarla muamelesinde kullanılmıştır.



Resim 3. 1. Kızartma yağlarının rejenerasyonunda adsorban olarak etkisi test edilen bitkisel materyaller

- i. Arpa kavuzu, buğday kepeği ve yulaf kavuzuna ait bitkisel materyallerin, silika mineralince zengin kül formuna dönüştürülmeleri için Uşak Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü'ndeki kül fırınları kullanılmıştır.
- ii. Bitkisel materyallerin tamamen kül haline getirilmesinde uygulanan sıcaklık-süre prosedürü; 400°C' de 4 saat, 500°C'de 1 saat, 600°C'de 1 saat, 700°C'de 1 saat ve 800°C'de tamamen kül oluncaya kadar kademeli bir sıcaklık artışı biçimindedir.





Resim 3. 2. Adsorban olarak etkisi test edilen bitkisel materyallerin yanması sonucu elde edilen küller

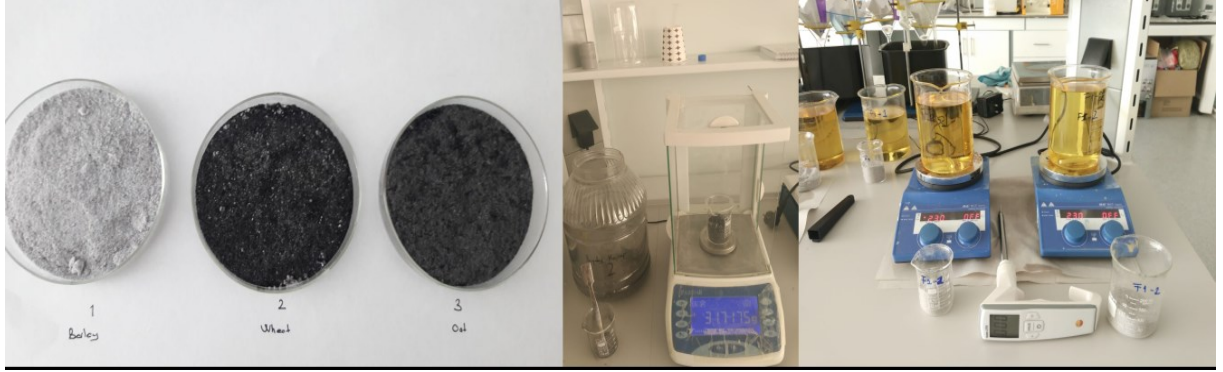
### 3.2.2 Kızartma Prosesi

1. Kızartma prosesi 5 farklı deneme grubu (kontrol, Magnesol XL, arpa kavuz külü, buğday kepeği külü, yulaf kavuz külü) üzerinden 2 tekrerrür olacak şekilde yürütülmüştür. Her bir deneme grubu için, fritözler 180 °C’de, 3 ardışık gün boyunca, günde 6 saat açık tutulmuştur.
2. Kızartma başlangıcında yağın 180°C’ye ulaşmasını takiben tam 1 saat tutulmuş ve süre bitiminde 50 gram suyundan/buzundan arındırılmış patatesler kızgın yağa atılarak 10 dk (bu süre ön denemelerle belirlenmiştir) kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir.
3. Süre bitiminde kızartılan patatesler yağdan alınmış ve yağ 180°C’de 1 saat daha boş biçimde ısıtmaya devam edilmiştir.
4. Bu şekilde tekrarlayan bir kızartma akışı izlenerek, her 1 saatte patates kızartma işlemi (10 dk) yapılmış, günde 6 saat boyunca yağın ısınması sağlanmıştır.
5. Kızartma prosesi ardışık 3 gün boyunca devam ettirilmiş ve yağın toplamda 18 saat süre ile bozunması sağlanmıştır.



Resim 3. 3. Kızartma prosesinin gerçekleştiği fritözler

6. Her gün kızartma bitiminde, kontrol grubu için yağa herhangi bir adsorban uygulanmazken, adsorbanlarla muamelede kızartma bitiminde fritözde bulunan yağ bir behere alınıp tartılmış ve bu yağın % 2'si oranında adsorban ilavesi yapılmıştır.



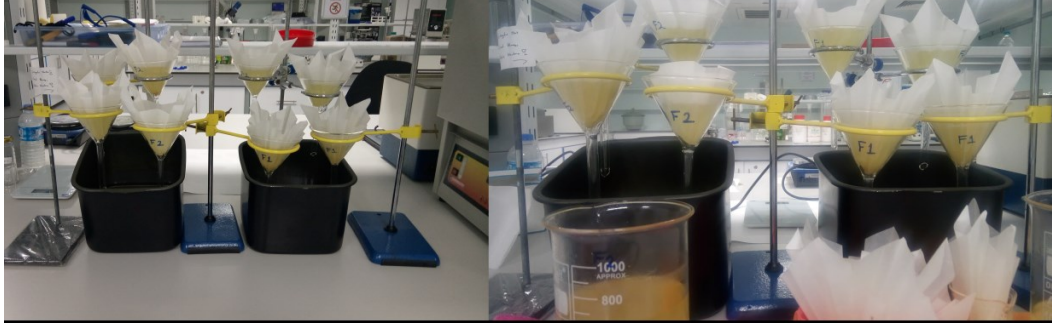
Resim 3. 4. Kızartma yağlarının muamelesinde kullanılan adsorban materyaller

7. Adsorbanın yağ ile iyice karışmasını sağlamak için, beher bir manyetik karıştırıcı üzerine konularak 100°C'de 30 dakika boyunca karıştırılmıştır.
8. Süre bitiminde adsorbanın yağdan ayrılması amacıyla, bir adi filtre kağıdından süzülmesi beklenmiş ve süzülen yağ ertesi gün fritöze geri dökülerek kızartma prosedürü ilk günkü gibi tekrarlanmıştır.



Resim 3. 5. Kızartma yağlarının adsorbanlarla muamele işlemi

9. Yağların örnekleme (150 ml) kontrol grubu için hemen gün sonunda kızartma bitiminde yapılırken, adsorbanlarla muamele edilmiş gruplarda yağın adsorbanla karıştırılması ve filtre kağıdından süzülmesinden sonra elde edilen yağdan yapılmıştır.



Resim 3. 6. Adsorban topraklarının yağdan ayrılması için uygulanan filtrasyon işlemi

10. Gün sonunda kızartılan patatesler ve yağ örnekleri uygun muhafaza kaplarına koyularak, etiketlenip analizlere kadar derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.



Resim 3. 7. Kızartma bitiminde alınan yağ ve patates örnekleri

### 3.3 Kızartılmış Patates Örneklerinde Yapılan Analizler

#### 3.3.1 Tekstür Analizi

Parmak patateslerin tekstür ölçümü, dilimler kızartma yağından çıkarıldıktan 2 dk sonra CT3 tekstür ölçüm cihazında (Brookfield Engineering Laboratories, Massachusetts, ABD) TA39 numaralı prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tekstür analiz cihazları esasen insanların el, yüz ve ağız hareketleri baz alınarak yapılmıştır. Patates örneklerine uygulanan

tekstür analizinde ön dişlerle ısırma işleminin benzetilmesi amacı ile tekstür analiz cihazına bağlı olan bilgisayara 4 mm kalınlığı programlanarak 1,5 mm/s prob ile patates dilimi uzunluk yönüne dik olacak şekilde hızla kesilmiştir. Her bir patates diliminin beş farklı noktasından ölçüm alınmış ve ölçümleri tümü de kendi içerisinde beş kere tekrarlanmıştır. Analiz bitiminde elde edilen kuvvet-deformasyon eğrileri esas alınarak, uygulanan en yüksek kuvvet kabuk sertliği olarak değerlendirilmiştir.



Resim 3. 8. Kontrol grubu ve adsorban materyalleriyle muamele edilmiş yağda kızartılan patates örneklerinin tekstür analizi

### 3.3.2 Adsorbe Yağ İçeriği

Kızartma sırasında patatesler tarafından absorbe edilen yağ miktarı AOAC (1984)'nin 920.39 resmi metoduna göre analiz edilmiştir.

## 3.4 Yağ Örneklerinde Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Analizler

### 3.4.1 Viskozite

Kızartma yağlarının viskozite ölçümleri, oda sıcaklığı koşullarında Brookfield DV-II+Pro (Massachusetts, ABD) viskozimetre cihazında optimum C18 numaralı standart mil ve 50 rpm dönüş hızında dinamik viskozite olarak (cP) analiz edilmiştir.



Resim 3. 9. Kızartma yağlarında viskozite analiz işlemi

### 3.4.2 Türbidite (Bulanıklık) Değeri

Yağ örneklerinin bulanıklığı bir türbidimetre yardımıyla belirlenmiştir. Cihaz kullanım öncesinde 0, 2, 10 ve 1000 NTU'luk referans çözeltiler ile kalibre edilmiş ve yağ numunesi cihazın tüplerine yerleştirilmiş NTU (nephelometric turbidity unit) cinsinden okuma yapılmıştır.

### 3.4.3 Renk Ölçümü

Kızartma yağlarında CIE sistemine ait L [0, siyah; 100, beyaz], a\* (+a\* = kırmızı, -a\* = yeşil) ve b\* (+b\* = sarı, -b\* = mavi) renk değerleri, bir reflektans kolorimetresi (Konika Minolta CR-400, Osaka, Japonya) ile ölçülmüştür. Analiz öncesi cihaz, kendi kalibrasyon plakasına karşı kalibre edilmiş ve devamında bu plaka üzerine yerleştirilmiş amber renkli bir ölçüm kabında cihazın probu yağ örneğinin içine daldırılarak renk değerleri belirlenmiştir.

### 3.4.4 Serbest Asitlik Değeri

Serbest asitlik değeri AOCS method Ca 5a-40'a göre analiz edilmiştir. Bu amaçla, 2 g yağ örneği tartılmış, üzerine yaklaşık 10 katı kadar etil alkol-dietil eter karışımı ilave edilerek, çözünmesi için 10 sn çalkalanmıştır. Erlen içeriğine %1'lik fenolftalein indikatörü ilave edilmesine takiben seyreltik KOH (0,1 N) ile pembe renk gözleninceye kadar titrasyona tabi

tutulmuştur. Serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden aşağıdaki eşitliğe (Eş. 3.1) göre hesaplanmıştır;

$$\text{Serbest asitlik (\% oleik asit)} = [(V*N*0,282)*100]/m \quad (3.1)$$

V= Harcanan 0,1 N KOH miktarı (mL)

N= Kullanılan KOH çözeltisinin normalitesi

m= Örnek miktarı (g)

0,282 = 1 mL 1 N NaOH'e eşdeğer oleik asit (g)

### 3.4.5 P-Anisidin Değeri

İkincil oksidasyonun tespit edilmesinde kritik bir değer olan p-anisidin değerleri AOCS Cd 18-90 (AOCS, 1998)'a göre tespit edilmiştir. Bu amaçla tartılan 0,5 g kızartma yağı örnekleri, 25 mL'lik balon jöjeler içerisinde izooktanla çözündürülmüş ve son hacim çizgisine tamamlanmıştır. Jöje içeriğinin absorban değeri bir spektrofotometrede (Libra S12, Biochiom, Almanya) 350 nm'de izooktana karşı tespit edilmiştir. İkinci aşamada, her bir jöje içeriğinden 5'er mL alınarak, üzerine 1 mL %0,25'lik p-anisidin reaktifi (0,25 g/100 mL glasiyel asetik asit) ilavesini takiben, 20 sn kuvvetle çalkalanmış ve karanlıkta 10 dk bekletilmiştir. Süre sonunda tüp içeriklerinin absorban değerleri, referans tüp içeriğine (5 mL izooktan+1 mL para anisidin reaktifi) karşı 350 nm de okunmuştur. P-anisidin değerleri takip eden eşitliğe (Eş. 3.2) göre hesaplanmıştır;

$$\text{p-Anisidin değeri} = 25 * [(1,2 * A2 - A1 )/m] \quad (3.2)$$

A1= Yağın izooktandaki çözeltisinin absorbanı

A2= p-anisidin reaktifi ilave edilmeden sonra okunan absorban

### 3.4.6 Toplam Polar Madde İçeriği (Food Oil Sensor)

Food Oil Sensor (FOS) yağdaki toplam polar madde miktarını oransal olarak ölçmek için yağdaki dielektrik sabiti değişiminden yararlanılan bir tekniktir [82]. Testo 270 (Lenzkirch, Almanya) adlı cihaz bu amaç için kullanılmıştır. Bu analiz daha önce birçok bilimsel araştırmada kullanılmış ve güvenilirliği yüksek olan toplam polar madde ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Cihazın kullanma talimatına göre kendi kutusu içerisinde gelen yağ ile kalibrasyonu sağlanmıştır. Bu amaçla yağ en az 50°C'ye ısıtılmış olup ve cihazın

probonun yağ örneğine daldırılması suretiyle direct olarak % tpm (toplam polar madde) ölçümü gerçekleştirilmiştir.

### **3.4.7 Yağ Asitleri Kompozisyonu**

Kızartma prosesinin son günü, diğer bir ifadeyle 18. saat bitiminde kontrol ve hem sentetik hem de bitkisel adsorban toprakları ile muamele edilmiş yağların yağ asitleri kompozisyonu analizleri [83] anlatılan metod esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Yağ örneklerinin metoda uygun olarak metillendirilmesini takiben, örnekler gaz kromatografisine enjekte edilmiştir. Analiz sırasında uygulanan çalışma koşulları şu şekildedir; Agilent 7890B Gaz Kromatografisi (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, ABD) , Alev iyonizasyon dedektörü (FID), HP-88 kolon (100 m x 0,25 mm çap x 0,2 mikrometre film kalınlığı (J&W Scientific, Co, CA, ABD); 1 mikrolitre enjeksiyon hacmi, 2 ml/dk akış hızında, split oranı 1/50 ve ısıtma prosedürü ise 120°C'de 1 dk, 10°C/dk ile 175°C ye ısıtma ve 10 dk bekleme, 5°C/dk ile 210°C 'ye ısıtma ve 5 dk bekleme, 5°C/dk ile 230°C'ye ısıtma ve 5 dk bekleme olacak biçimde uygulanmıştır. Analiz süresince kuru hava ve hidrojen gaz akış hızları sırasıyla 450 ml ve 40 ml/dk olarak ayarlanmıştır. Yağ asitlerinin tanımlanmasında, aynı analiz şartlarında cihaza enjekte edilen referans yağ asidi metil ester karışımının (Supelco, Bellefonte, PA, ABD) alıkonma sürelerinden yararlanılmıştır.

## **3.5 Adsorban Materyallerinde Yapılan Analizler**

### **3.5.1 Adsorbsiyon Kapasitesi Ölçümü**

Adsorbsiyon, akışkan fazda çözünmüş haldeki belirli bileşenlerin, bir katı adsorbent yüzeyine tutunmasına dayanan ve faz yüzeyinde görülen yüze tutunma olayına denir. Adsorbsiyon işleminin ilerleyişi, adsorban ve adsorbentin etkileşimine ve oluşturdukları sistemin özelliklerine bağlıdır. Farklı kimyasal yapıdaki maddeler, farklı adsorbsiyon özellikleri gösterirler [84-85].

### **3.5.2 SEM Analizi**

Adsorban materyallerinin yüzeyinin taranması ve kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesi için hizmet alımı (Çobiltum, Çanakkale) yoluyla gerçekleştirilmiştir.

### **3.5.3 BET Analizi**

Adsorban materyallerinin yüzey alanı ( $m^2/g$ ), por çapı ( $\text{Å}$ ) ve por hacimlerinin ( $cm^3/g$ ) belirlenmesi için hizmet alımı (ÇOBİLTUM-Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi ) yoluyla gerçekleştirilmiştir.

### **3.5.4 XRD Analizi**

Adsorban materyallerinin kristal yapılarının belirlenmesi için hizmet alımı (ÇOBİLTUM-Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi ) yoluyla gerçekleştirilmiştir.





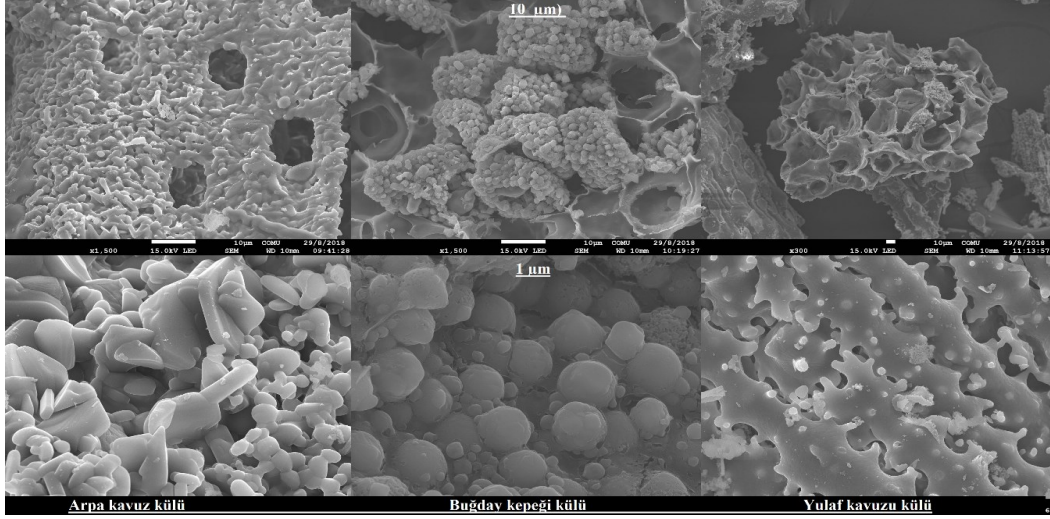
## 4 ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu araştırmanın amacı, bitkisel kaynaklı tarımsal atıkların (arpa kavuzu, yulaf kavuzu ve buğday kepeği) silika içeriklerinin belirlenmesi ve kızartma yağlarının rejenerasyonunda adsorban olarak performanslarının ticari bir adsorbana karşı test edilmesidir. Araştırmada kızartma yağı olarak rafine ayçiçek yağı seçilmiştir. Kızartma prosesi “kontrol grubu” ve “adsorbanlarla muamele edilmiş grup” olmak üzere toplamda 5 farklı deneme grubu üzerinden yürütülmüştür. Kızartma süresince her gün sonunda (6 saat bitiminde) alınan yağ örneklerinde gerçekleşen fiziksel, kimyasal ve kompozisyonel reaksiyonları belirlemek adına bazı analizler gerçekleştirilmiştir Her bir yağ için ikişer tekrür olarak gerçekleştirilen kızartma işlemi sonunda elde edilen örneklere ait fiziksel ve kimyasal ölçümler 2 paralel olarak yapılmıştır.

### 4.1 Adsorban Materyallerine Ait Analiz Sonuçları

#### 4.1.1 SEM Analiz Sonuçları

Yağların tekrarlayan kullanımlarında adsorban etkisi test edilen tüm bitkisel materyaller küllerinin taramalı elektron mikroskobundaki görüntüleri incelenmiştir. (Resim 4.1). Eş boyutlarda (1 ve 10 µm) yapılan değerlendirmelerde arpa, buğday ve yulaf küllerinin çok farklı kristal, gözenek ve por yapılarına sahip olduğu belirlenmiştir.



Resim 4. 1. Bitkisel kökenli adsorban materyallerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri

10 µm boyutunda değerlendirme yapıldığında arpa kavuz külünün çubuk ve iğne şeklinde kristal bir yapıya, buğday kepeği külünün kürecik toplulukları biçiminde bir yapıya ve yulaf kavuz küllerinin ise gözenekli ve amorf bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Yapılar 1 µm boyutunda incelendiğinde ise bahsedilen yapılar daha net gözlenirken, bitkisel materyallerin kristal, küre, kapsül gibi birbirinden çok farklı formlarda olabileceği ortaya koyulmuştur.

#### 4.1.2 BET Analiz Sonuçları

Kızartma yağlarının tekrarlayan kullanımının iyileştirilmesindeki etkinliklerinin test edilmesi amaçlanan bitkisel kökenli adsorban materyallerinin yüzey karakterizasyonuna yönelik olarak bazı analizler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4. 1. Kızartma yağlarının muamelesinde kullanılan adsorban materyallerin morfolojik özellikleri ve adsorpsiyon kapasitesi değerleri

Adsorban materyali	BET (çok noktalı yüzey alanı) (m <sup>2</sup> /g) (p=0,000)	Ortalama gözenek yarıçapı (Å) (P=0,000)	Ortalama gözenek hacmi (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> ) (P=0,000)	Adsorpsiyon kapasitesi (mg oleic acid/g) (P=0,004)
Arpa kavuz külü	0,825 ± 0,01 C	46,55 ± 0,50 A	0,001942 ± 0,01 C	2,19 ± 0,07 B
Buğday kepeği külü	55,778 ± 0,10 B	10,74 ± 0,04 B	0,03063 ± 0,01 B	10,22 ± 0,46 B
Yulaf kavuz külü	92,37 ± 1,55 A	10,706 ± 0,03 B	0,05024 ± 0,01 A	5,07 ± 2,89 B
Magnesol XL [84-85]	400-445,4	95	0,5725-0,88	23,80 ± 2,13 A

Analiz edilen tüm özellikler incelendiğinde, yulaf kavuz külünün en yüksek yüzey alanına sahip olduğu ve onu sırasıyla buğday kepeği külü ve arpa kavuz külünün takip ettiği belirlenmiştir. Resim 4.1’de verilen SEM görüntüleri de bu bulguları destekler niteliktedir. Ortalama gözenek çapı bakımından yapılan değerlendirmede ise buğday kepeği ve yulaf kavuz küllerinin birbirine çok yakın değerlerde (10.7 Å) olmakla birlikte, arpa kavuz külü gözenek çapının diğer iki bitkisel materyal külüne kıyasla yaklaşık 4 kat (46 Å) büyüklükte olması göze çarpmaktadır. Ortalama gözenek hacminde ise bunun tam tersi bir bulgu ortaya çıkmakta ve arpa kavu külü gözenek hacminin (0,0019 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>), buğday kepeği külü gözenek hacminin yaklaşık % 6,3 ve yulaf kavuzu külü gözenek hacminin ise %3,8 i kadar olduğu gözlenmektedir.

Tüm bitkisel materyallerinin oleik asit cinsinden sergilediği adsorpsiyon kapasite değerleri ile yağda meydana gelen reaksiyonlar arasında bir ilişki olup olmadığı incelenmiştir

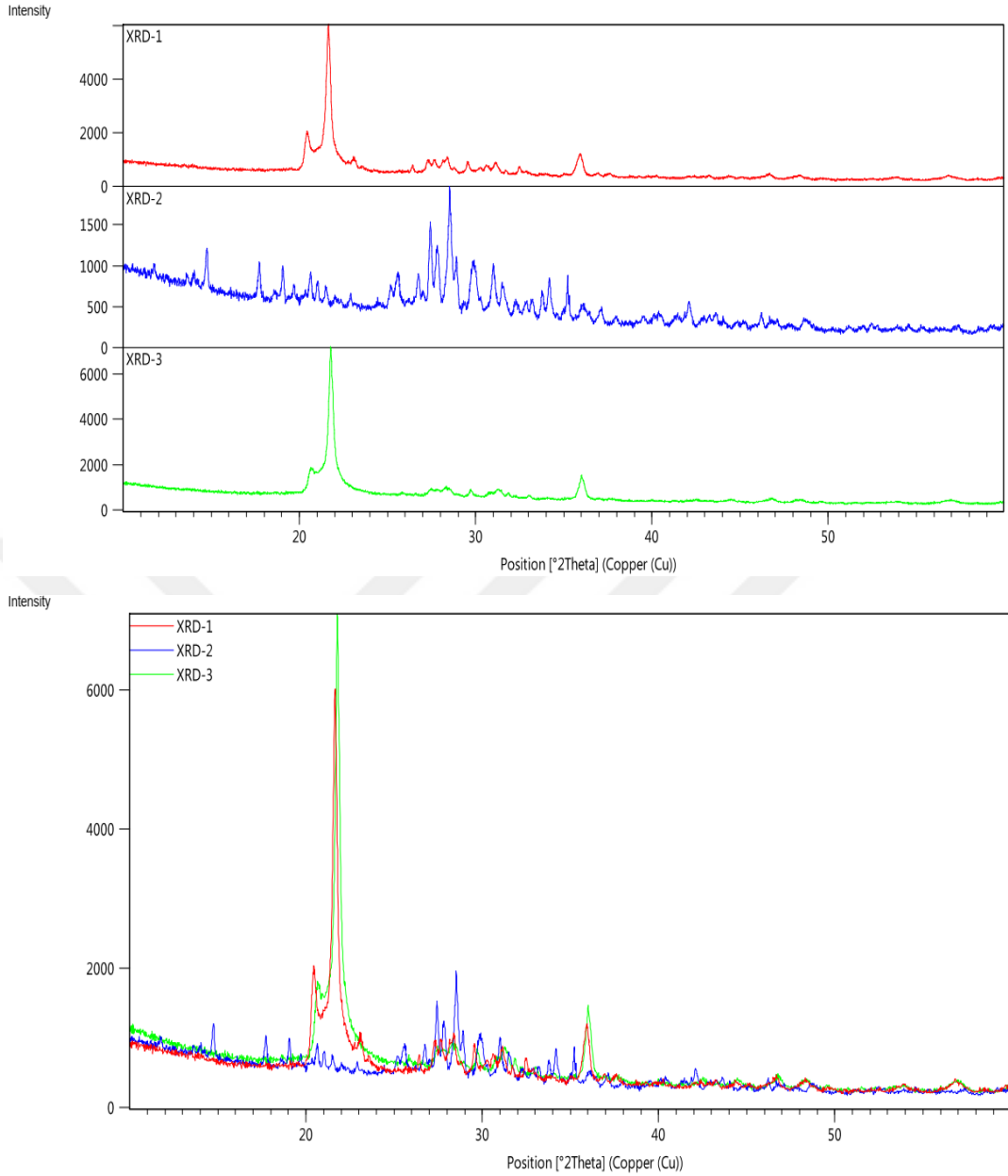
Bitkisel adsorban materyalleri arasında bir kıyaslama yapıldığında, buğday kepeği külünün en yüksek adsorpsiyon kapasitesi değerine (10,2 mg oleik acid/g yağ) sahip olduğu görülmektedir. Materyalin sahip olduğu bu özellik, tüm kızartma süresince ölçülen hidroliz ve oksidasyon ürünlerinin adsorbe edilmesiyle de doğrusal bir korelasyon içerisindedir. Bu durum, buğday kepeği külü ile muamele edilen yağların kontrol ve diğer bitkisel adsorbanlarla muamele edilen yağlara kıyasla daha düşük serbest yağ asitliği ve peroksit

sayısı değerlerine sahip olmasının nedeni olarak düşünülmektedir. Özellikle kızartma bitiminde (18 saat) ikincil oksidasyonun önlenmesinde (p-anisidin değerleri) Magnesol XL'e çok yakın sonuç vermesi de dikkat çeken önemli bir bulgudur.

Ticari adsorban olarak etkinliği denenen Magnesolün yüzey alanı ve por özelliklerine ait literatürden derlenen bulgular incelendiğinde, analiz edilen tüm morfolojik karakteristikler bakımından öncü sonuçlara sahip olduğu görülmektedir. Gerek yüzey alanı ve por hacmi, gerekse adsorpsiyon kapasitesi bakımından bitkisel materyallere kıyasla çok daha yüksek değerlere sahip olması, kızartma süresince daha iyi performans göstermesinde de kritik öneme sahiptir.

#### **4.1.3 XRD (X Işını Kırınım) Analiz Sonuçları**

X ışınlarının salınması ve analiz edilen materyaldeki elementlere çarpıp geri yansımaları prensibine dayanarak belirlenen X ışını kırınım (XRD) desenleri, adsorban materyallerin kristal yapısındaki farklılıkların ortaya koyulmasını sağlamaktadır. Resim 4.2'de bitkisel kökenli adsorban materyallerin XRD kırınım desenleri tek tek ve üst üste görüntü almak suretiyle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.



Resim 4. 2. Bitkisel kökenli adsorban materyallerin X ışını kırınım desenleri (XRD 1: arpa kavuz külü, XRD 2: buğday kepeği külü, XRD 3: yulaf kavuz külü)

Arpa ve yulaf kavuzlarının küllerine ait kırınım desenleri incelendiğinde, benzer teta pozisyonlarında benzer yapılara sahip olduğu görülmektedir. Bu durum arpa ve yulaf kavuz küllerinin kristal yapılarının benzer olabileceğine dair fikir vermektedir. Örneklere ait SEM görüntüleri (Resim 4.1) arpa ve yulaf kavuz küllerinin benzer biçimli çubuk yapılar barındırdığını destekler niteliktedir. Bununla birlikte 2 numaralı örnek olan buğday kepeği külünün X-ışınların arpa ve yulafa göre daha farklı pozisyonlarda kırıldığı ve daha yoğun bir kristal yapısına sahip olduğu tespit edilmiştir. SEM görüntülerine bakıldığında da (Resim 4.1)

buğday kepeğinin silindir ve küreciklere benzer yapısıyla arpa ve buğday kavuz küllerinden belirgin biçimde ayrılmasının, kristal yapısının farklı olabileceğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

## **4.2 Kızartma Yağlarında Ölçülen Fiziksel Analiz Sonuçları**

Yağda meydana gelen bozunmanın seyrini takip etmek için birçok analitik teknik geliştirilmiştir. Ancak en önemlileri olarak toplam polar madde ölçümü, alkali kontaminant seviyesi ölçümü, dumanlanma noktası ölçümü, asit değeri ve peroksit değeri ölçümü, renk, viskozite, dielektrik sabiti ölçümleri gibi metotlar kullanılmaktadır.

### **4.2.1 Toplam Polar Madde Değerleri**

Çizelge 4.2’de kontrol, ticari adsorban ve bitkisel kaynaklı adsorbanlarla muamele edilmiş kızartma yağlarına ait toplam polar madde (%) sonuçları karşılaştırılmıştır. Görüldüğü üzere toplam polar madde değerleri, dört farklı adsorbanla muamele edilen tüm yağ örneklerinde kızartma süresince artış göstermiştir. Gün sonunda yapılan polar madde ölçümlerinde Magnesol XL en iyi sonucu sağlarken, kontrol grubu ve yulaf kavuzu külüyle muamele edilmiş yağ örneklerindeki yüksek polar madde düzeyleri göze çarpmaktadır. Bilinen kızartma araştırmaları literatürünün hemen hemen tamamında, toplam polar madde miktarının kızartma süresiyle birlikte artış gösterdiği rapor edilmiştir. Yağın kullanım ömrünün hızla azalmasında ve kızartılan gıdanın daha fazla yağ absorbe etmesinde toplam polar maddelerin çok önemli etken olduğu daha önce de açıklanmıştır [4].

Kızartmanın 12. saatinin bitiminde buğday kepeği külü ile muamele edilmiş yağ örneğindeki sonuçların Magnesol XL değerine çok yakın olması ise dikkat çekmektedir. Türk Gıda Kodeksi’ne göre [86], bir kızartma yağının toplam polar madde içeriği %25’i aştığında yasal olarak kullanılması yasaklanmıştır. Buna göre kontrol, ticari adsorban olan Magnesol XL ve bitkisel kaynaklı silikatların (arpa kavuzu, buğday kepeği ve yulaf kavuzu) 18. Saatin sonunda dahi yasal limiti aşmadıkları belirlenmiştir. Magnesol XL’nin patentli üreticisi olan “Dallas Grup (The Dallas Group of America)” tarafından rapor edilen bir çalışmada ise, her kızartma öncesi bir gün önceden kullanılan yağın % 1’i oranında Magnesol ilavesi ve takibinde filtre edilmesinin kullanım süresini TPM ve serbest yağ asitliği gibi yasal üst limitler göz önüne alındığında % 50’ye varan oranlarda arttırdığı ortaya koyulmuştur.

Çizelge 4. 2. Farklı adsorban toprakları ile muamele edilen kızartma yağlarında ölçülen bazı fiziksel parametreler

Kızartma süresi (saat)	<u>Tarımsal kökenli adsorban materyalleri</u>				
	Kontrol	Magnesol XL	Arpa kavuz külü	Buğday kepeği külü	Yulaf kavuz külü
Toplam polar madde (% TPM) değerleri					
6	10,00 ± 0,46 <sup>Aa</sup>	8,62 ± 0,24 <sup>Aa</sup>	9,25 ± 0,72 <sup>Aa</sup>	9,38 ± 0,12 <sup>Ab</sup>	11,88 ± 1,38 <sup>Ab</sup>
12	10,25 ± 0,43 <sup>Aa</sup>	9,00 ± 0,20 <sup>Aa</sup>	9,25 ± 0,72 <sup>Aa</sup>	10,00 ± 0,29 <sup>Aab</sup>	8,500 ± 0,29 <sup>Ac</sup>
18	11,50 ± 0,20 <sup>Ba</sup>	10,75 ± 0,14 <sup>Ba</sup>	12,25 ± 0,14 <sup>Ba</sup>	12,75 ± 0,14 <sup>Ba</sup>	16,50 ± 1,44 <sup>Aa</sup>
<b>P değeri: 0,01</b>					
Viskozite değerleri (25 °C, cP)					
6	57,94 ± 1,53 <sup>Ba</sup>	49,75 ± 1,78 <sup>Ba</sup>	49,705 ± 0,361 <sup>Bb</sup>	54,71 ± 2,72 <sup>Ba</sup>	81,65 ± 4,99 <sup>Ab</sup>
12	41,68 ± 0,959 <sup>Cb</sup>	45,97 ± 2,00 <sup>Ca</sup>	63,62 ± 1,47 <sup>Ba</sup>	57,17 ± 1,44 <sup>BCa</sup>	86,80 ± 4,10 <sup>Ab</sup>
18	47,06 ± 1,29 <sup>Cab</sup>	46,35 ± 0,782 <sup>Ca</sup>	52,46 ± 0,50 <sup>BCab</sup>	62,54 ± 2,72 <sup>Ba</sup>	100,60 ± 0,92 <sup>Aa</sup>
<b>P değeri: 0,01</b>					

#### 4.2.2 Viskozite Değerleri

Kızartma süresince tüm deneme gruplarından alınan yağ örneklerinde ortaya çıkan viskozite değişimleri de analiz edilmiştir. Beklendiği biçimde, kızartma süresinin ilerlemesiyle birlikte kontrol grubu hariç ölçülen tüm viskozite değerlerinde ivmeli bir artış gözlenmiştir. Gerek ticari gerekse bitkisel adsorban materyallerle muamelenin viskozite artışının engellenmesinde aktif bir rolü tespit edilemezken, 18. saatin sonunda arpa kavuzu ve buğday kepeği külleri ile muamele edilen yağların, yulaf kavuz külü ile muamele edilen yağ örneklerine kıyasla viskozite bakımından daha düşük sonuç verdiği görülmektedir. 18 saat sonunda yulaf kavuz külü ile muamele edilen yağların en yüksek viskozite değerine (100.6 cp) sahip olmasında, başlangıç viskozitesinin yüksek (81.6 cp) olmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

Yapılan bir araştırmada, yağlarda viskozitenin artması, yağ asitleri arasında yüksek molekül ağırlıklı bileşenlerin (karbon-karbon ve/veya karbon-oksijen-karbon köprüleri) meydana gelmesine neden olan polimerizasyonun bir sonucu olduğu ifade edilmektedir. Kızartma yağının viskozitesi kızartma süresinin uzunluğuyla beraber artmaktadır [87-88].

### 4.2.3 Renk, Tekstür ve Absorbe Yağ Değerleri

Kontrol ve adsorbanlarla muamele edilmiş kızartmalara ait renk ölçüm değerleri en az 4 tekerrür olacak biçimde analiz edilmiştir (Çizelge 4.3). L değeri berraklığın bir ölçüsüdür ve düşmesi berraklıkta azalmaya işaret eder [89]. L değerinde en olumlu sonuçlar, bitkisel kaynaklı adsorbanlarla muamele edilen yağlarda gözlenmiştir. Tüm bitkisel kökenli adsorbanların kızartılmış yağın berraklaştırılmasında genel olarak Magnesol XL'den daha etkili oldukları söylenebilir. Yapılan bir başka çalışmada kızartma işlemi sonrası yağların renkleri koyulaşmış, daha yeşilimsi ve sarımsı bir rengin meydana geldiği tespit edilmiştir. Kızartma işlemi boyunca yağda meydana gelen reaksiyonlar kullanılan bitkisel yağların renklerinde değişikliğe sebep olmaktadır. Yağların renklerinde oluşan koyulaşma, gıda maddesinin yağ içerisinde çözülmüş polar olmayan bileşenlerinden ya da doymamış karbonil bileşenlerden kaynaklanmaktadır [90]. Uçucu olmayan bozunma ürünlerinin oluşması ve yağda birikmesi de kızartma yağlarında renk değişimine neden olmaktadır [25]. Kızartma yağlarının koyulaşmasında molekül ağırlığı 300-551 arasında olan minör bileşenler ile hidroksil, karboksil, ester grupları ve çift bağ sayısı etkilidir. Gıda maddesinin karamelizasyonu da kızartma yağına transfer olan yağda çözünür renk bileşenlerini artırmaktadır [67].



Çizelge 4. 3. Farklı adsorban toprakları ile muamele edilen kızartma yağlarında ölçülen renk, tekstür ve adsorbe yağ değerleri

Kızartma süresi (saat)	Kontrol	Magnesol XL	Tarımsal kökenli adsorban materyalleri			Toplam (P<0.0.1)
			Arpa kavuz külü	Buğday kepeği külü	Yulaf kavuz külü	
<b>Enstrümental renk değerleri</b>						
<b>L</b>						
6	38,17 ± 0,62	38,95 ± 0,65	38,34 ± 0,64	37,80 ± 0,67	37,12 ± 0,71	38,07±0,297 <sup>a</sup>
12	37,29 ± 0,69	39,53 ± 0,27	36,39 ± 0,77	34,94 ± 1,56	38,43 ± 0,35	37,31±0,50 <sup>ab</sup>
18	38,29 ± 0,39	38,76 ± 0,39	35,67 ± 0,51	34,59 ± 1,43	36,51 ± 0,74	36,76±0,47 <sup>b</sup>
<b>Toplam (P&lt;0,01)</b>	37,91±0,33 <sup>AB</sup>	39,08±0,26 <sup>A</sup>	36,80±0,48 <sup>BC</sup>	35,77±0,79 <sup>C</sup>	37,35±0,40 <sup>ABC</sup>	
<b>Renk doygunluğu (kroma)</b>						
6	9,33 ± 0,07 <sup>ABa</sup>	7,94 ± 0,25 <sup>Ba</sup>	11,13 ± 0,74 <sup>Ab</sup>	10,43 ± 0,01 <sup>ABa</sup>	8,85 ± 0,29 <sup>ABb</sup>	
12	8,981 ± 0,68 <sup>Aa</sup>	8,66 ± 0,12 <sup>Aa</sup>	10,30 ± 1,17 <sup>Ab</sup>	10,45 ± 0,13 <sup>Aa</sup>	10,57 ± 0,48 <sup>Aa</sup>	
18	11,29 ± 0,52 <sup>Ba</sup>	8,35 ± 0,44 <sup>Ca</sup>	14,85 ± 0,40 <sup>Aa</sup>	12,72 ± 0,20 <sup>ABa</sup>	13,87 ± 0,59 <sup>Aa</sup>	
<b>P değeri :0.01</b>						
<b>Renk tonu (Hue)</b>						
6	103,66 ± 0,31	103,79 ± 0,31	101,53 ± 0,67	102,26 ± 0,19	103,11 ± 0,23	
12	102,57 ± 0,66	103,58 ± 0,36	101,09 ± 0,25	100,13 ± 0,76	102,83 ± 0,06	
18	102,20 ± 0,69	103,93 ± 0,05	95,724 ± 0,32	140,1 ± 41,80	100,91 ± 0,82	
<b>Farklı adsorban toprakları ile muamele edilen yağlarda kızartılan patatesler</b>						
<b>Tekstür sertlik (gram)</b>						
6	217,8 ± 15,7	197,3 ± 16,8	269,0 ± 20,8	203,1 ± 16,3	231,8 ± 22,0	
12	248,9 ± 35,9	224,2 ± 23,3	291,2 ± 19,3	176,6 ± 11,0	255,4 ± 25,0	
18	173,8 ± 28,5	201,9 ± 14,4	243,6 ± 21,3	246,2 ± 26,3	255,9 ± 23,0	
<b>Toplam (P&lt;0,01)</b>	213,50±16,7 <sup>B</sup>	207,80±10,5 <sup>B</sup>	267,90±112 <sup>A</sup>	208,60±12,1 <sup>B</sup>	247,70±13,1 <sup>AB</sup>	
<b>Absorbe yağ içeriği (%)</b>						
6	5,40 ± 0,09	4,78 ± 0,07	6,08 ± 0,02	5,46 ± 0,03	6,12 ± 0,33	5,57± 0,17 <sup>c</sup>
12	7,33 ± 0,64	5,30 ± 0,11	10,57 ± 2,05	7,81 ± 0,80	6,79 ± 0,64	7,56±0,67 <sup>b</sup>
18	11,97 ± 0,77	6,25 ± 0,03	14,83 ± 1,63	13,35 ± 1,21	10,69 ± 1,67	11,42±1,06 <sup>a</sup>
<b>Toplam (P&lt;0.0.1)</b>	8,24±1,26 <sup>A</sup>	5,45±0,27 <sup>AB</sup>	10,49±1,73 <sup>AB</sup>	8,87±1,53 <sup>B</sup>	7,87±1,02 <sup>C</sup>	

Genel olarak kırmızı renk, pirolitik yoğunlaşma ürünleri ve okside yağ asitlerinin birleşmesi ile ilişkilendirilmektedir. Sarı renk oluşumu genellikle peroksitler ile aldehitlerin kombinasyonu ile ilgilidir. Mavi renk ise yağ içerisinde dağılmış ince parçacıkların ve suyun neden olduğu bulanıklıktan ileri gelmektedir [59].

Kontrol ve adsorban ile muamele edilmiş yağlarda 3 gün boyunca kızartılmış patates örneklerine ait absorbe edilen yağ miktarları Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. Buna göre kızartma işleminin 18. Saatin sonunda Magnesol XL ile muamele edilen yağ örneklerinde kızartılan patateslerin absorbe ettiği yağ miktarı en düşüktür. Tüm bitkisel kökenli adsorbanlarla muamele edilmiş yağ örneklerinde kızartılmış patatesin yağ absorpsiyonunun Magnesol XL'den fazla olduğu görülmüştür.

Kontrol ve adsorban ile muamele edilmiş yağlarla kızartılmış patates örneklerinde; tekstür sertlik değerlerine bakıldığında; arpa kavuz külü ile yulaf kavuz külü örneklerinin birbirine yakın değerlerde olup en yüksek değere sahip oldukları görülmüştür. Buğday kepeği külü ile Magnesol XL'nin birbirine çok yakın değerlerde çıkmaları da dikkat çekmektedir.

#### **4.3 Kızartma Yağlarında Ölçülen Kimyasal Analiz Sonuçları**

Serbest asitlik, yağlarda serbest halde bulunan toplam yağ asitlerinin % olarak bir tanımıdır. Yağlardaki asitlik durumu (asit sayısı), asit yüzdesi(%) olarak belirtildiği gibi, 1 g yağın nötrleşmesi için gerekli potasyum hidroksit (KOH)'in mg olarak ağırlığı şeklinde de belirtilir. Yağların kızartılması süre ve sıcaklığındaki artışa paralel olarak serbest yağ asitleri içeriğinin de arttığı ve yağların bozulmasının tahmininde önemli bilgi sağladığı varsayılmaktadır [91].

Çizelge 4. 4. Farklı adsorban toprakları ile muamele edilen kızartma yağlarında ölçülen bazı kimyasal parametreler

Kızartma süresi (saat)	Kontrol	Magnesol XL	Tarımsal kökenli adsorban materyalleri		
			Arpa kavuz külü	Buğday kepeği külü	Yulaf kavuz külü
<b>Serbest yağ asitliği (% linoleik asit)</b>					
6	0,35 ± 0,034 <sup>Aa</sup>	0,43 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,29 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	0,23 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	0,35 ± 0,04 <sup>Aa</sup>
12	0,51 ± 0,07 <sup>Aa</sup>	0,33 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	0,33 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,30 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	0,40 ± 0,05 <sup>Aa</sup>
18	0,50 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,23 ± 0,06 <sup>Ba</sup>	0,47 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,37 ± 0,02 <sup>Aa</sup>	0,55 ± 0,04 <sup>Aa</sup>
<b>P değeri: 0,01</b>					
<b>Asit sayısı (mg KOH/g yağ)</b>					
6	0,69 ± 0,07 <sup>Aa</sup>	0,86 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	0,59 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	0,45 ± 0,13 <sup>Aa</sup>	0,69 ± 0,087 <sup>Aa</sup>
12	1,02 ± 0,14 <sup>Aa</sup>	0,67 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	0,66 ± 0,07 <sup>Aa</sup>	0,59 ± 0,06 <sup>Aa</sup>	0,80 ± 0,10 <sup>Aa</sup>
18	1,01 ± 0,07 <sup>Aa</sup>	0,46 ± 0,11 <sup>Ba</sup>	0,95 ± 0,07 <sup>Aa</sup>	0,75 ± 0,04 <sup>Aa</sup>	1,09 ± 0,07 <sup>Aa</sup>
<b>P değeri: 0,01</b>					
<b>Peroksit sayısı (meq aktif O<sub>2</sub>/kg yağ)</b>					
6	4,25 ± 0,54	4,72 ± 0,59	3,89 ± 0,06	5,71 ± 0,78	4,71 ± 0,62
12	4,75 ± 0,63	5,04 ± 0,77	4,26 ± 0,40	5,28 ± 0,45	5,58 ± 0,15
18	5,00 ± 0,45	5,34 ± 0,48	6,05 ± 0,25	4,61 ± 0,61	3,43 ± 0,72
<b>P değeri: 0,277</b>					
<b>p-anisidin değeri</b>					
6	35,17 ± 0,31 <sup>Ac</sup>	29,47 ± 0,106 <sup>Bc</sup>	35,38 ± 0,10 <sup>Ac</sup>	27,52 ± 0,45 <sup>Bc</sup>	28,32 ± 0,28 <sup>Bc</sup>
12	55,59 ± 0,16 <sup>Ab</sup>	42,87 ± 0,089 <sup>Cb</sup>	46,05 ± 0,14 <sup>B<sup>Cb</sup></sup>	44,03 ± 0,14 <sup>Cb</sup>	47,54 ± 0,44 <sup>Bb</sup>
18	60,83 ± 0,76 <sup>Ca</sup>	54,38 ± 0,14 <sup>Ea</sup>	63,83 ± 0,33 <sup>Ba</sup>	56,53 ± 0,60 <sup>Da</sup>	78,26 ± 0,58 <sup>Aa</sup>
<b>P değeri: 0,01</b>					
<b>TOTOX değeri</b>					
6	42,50 ± 0,31 <sup>Ab</sup>	38,69 ± 1,82 <sup>Ac</sup>	43,077 ± 0,35 <sup>Ac</sup>	40,88 ± 2,52 <sup>Ac</sup>	37,56 ± 2,59 <sup>Ac</sup>
12	66,13 ± 0,08 <sup>Aa</sup>	55,495 ± 0,99 <sup>Bb</sup>	55,32 ± 1,79 <sup>Bb</sup>	55,62 ± 0,18 <sup>Bb</sup>	58,543 ± 0,243 <sup>ABb</sup>
18	70,48 ± 3,05 <sup>Ba</sup>	66,01 ± 0,20 <sup>Ba</sup>	75,66 ± 0,27 <sup>Ba</sup>	65,78 ± 1,37 <sup>Ba</sup>	85,86 ± 3,83 <sup>Aa</sup>
<b>P değeri: 0,01</b>					

#### 4.3.1 Serbest Yağ Asitliği Değerleri

Yağların kızartılması sonucu yağda oluşan ve miktarı artan serbest yağ asitleri yağların bozulması hakkında fikir vermesi açısından önemlidir [91].

Çizelge 4.4'de kontrol, ticari adsorban ve bitkisel kaynaklı adsorbanlarla muamele edilmiş kızartma yağlarına ait serbest yağ asitliği sonuçları incelendiğinde, ilk gün (6. saat) sonunda magnesol hariç diğer yağ örneklerinin yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir ( 0.29-0.35 % linoleik asit arası). Kızartma prosesinin ilerlemesiyle birlikte, beklendiği şekilde yağın hidrolizi hızlanmış ve 18. saatin sonunda yulaf kavuzu külü ile muamele edilen yağ örneklerinde en yüksek değere ulaşmıştır. Ticari adsorban magnesol serbest asitliğinin artmasının engellenmesinde en etkili performansı sergilemiştir. Bununla birlikte arpa kavuzu ve buğday kepeği külleri ile muamele edilen yağ örneklerinin ise, tüm kızartma prosesi süresince kontrol grubundan daha düşük serbest asitlik değerlerine sahip olduğu dikkat çekmektedir. Kızartma yağlarında yüksek sıcaklıkta, kızartılan gıdadan çıkan su buharının da etkisiyle yağın hidrolizi olayı gerçekleşmektedir [4].

Asit sayısı sonuçlarına göz atıldığında ise, serbest asitlik sonuçlarına paralel olduğu görülmektedir. Kızartma Amacıyla Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Kontrol Kriterleri Tebliği'ne göre [86] kızartma yağlarının kullanımına devam edilebilmesi için polar madde miktarının % 25' i, Asit sayısının (mgKOH/g yağ) ise % 2,5' geçmemesi gerektiği bildirilmiştir. 18 saatlik kızartma bitiminde analiz edilen yağ örneklerinin tümünün bu değerin altında kaldığı ve tebliğ açısından sorun oluşturmadığı belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada, bazı kızartma yağları aktif karbon, hidrojen peroksitle aktifleştirilmiş aktif karbon ve magnezyum silikatla adsorban muamelesine tabi tutulmuştur. Araştırmacılar magnezyum silikatın yağın asit değerini, ester değerini, sabunlaşma sayısını ve renk içeriğini azalttığını, ancak saflaştırılmış yağın oksidasyon ürünleri ve doymamış madde miktarlarının işlem görmemiş yağa göre daha yüksek saptandığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu sonuçlara göre yağın magnezyum silikat ile teması sırasında aktif merkezler tarafından katalizlenen dehidrojenasyon ve izomerizasyon reaksiyonlarının olduğunu açıklamışlardır [71].

#### 4.3.2 Peroksit Sayısı Değerleri

Hidroperoksitler, lipit oksidasyonunun başlıca önemli ürünleridir. Bu nedenle, peroksitlerin tayini, ayçiçeği yağının oksidasyonunun birincil aşamaları için bir oksidasyon

endeksi olarak kullanılabilir. Farklı adsorbanlarla muamele edilen yağlarda ölçülen birincil ve ikincil oksidasyon parametreleri Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Peroksit sayısındaki değişimler kontrol, magnesol ve arpa kavuz külüyle muamele edilen yağ örneklerinde 18 saat süresince düzenli artış sergilemesine rağmen, buğday kepeği ve yulaf kavuz külleri ile muamele edilen örneklere ait peroksit sayısı değerleri varyasyon sergilemiştir. 6. saatteki peroksit sayısı değerinin en düşük olduğu grup arpa kavuzu külüyle muamele edilmiş yağ örneğinde tespit edilmiştir. En yüksek değere sahip grup ise; buğday kepeği külüyle muamele edilmiş yağ örneğinde bulunmuştur. Kontrol grubu, arpa kavuzu külüyle ve yulaf kavuz külüyle muamele edilmiş yağ örneklerine ait peroksit değerlerinin 6. saat sonunda ticari adsorban olan Magnesol XL'den daha düşük olması ise oldukça dikkat çekmektedir. Kızartma anındaki yüksek sıcaklıkta oluşan yağ asidi peroksitlerinin akümüle olmadan sıcaklığın etkisiyle parçalandıkları bildirilmiştir [4]. Kızartmanın 18. saatin sonunda yulaf kavuz külüyle muamele edilmiş yağ örneğindeki peroksit değerinin kontrol grubundaki değerden önemsenecek derecede düşük çıkması da ilgi çekicidir. Bu durumun yulaf kepeğinin adsorpsiyon kapasitesinin yüksek olması ile ilişkili olduğu açıklanmıştır. Analiz edilen tüm bu fiziksel ve kimyasal parametreler göz önüne alındığında, bitkisel kaynaklı adsorbanların peroksit sayısını düşürmedeki potansiyellerinin, ticari adsorban olan magnesol XL kadar etkili olduğu söylenebilir.

#### **4.3.3 P-anisidin Sayısı Değerleri**

P-anisidin değeri oksidasyonun ikincil ürünlerinden özellikle 2,4-dienallerin izlenmesinde önemli bir belirteçdir. P-anisidin, yağların ikincil oksidasyon ürünleri olan aldehitlerle reaksiyon verir ve oluşan ürünler 350 nm dalga boyundaki UV ışığı absorbe eder. Böylelikle yağların oksidasyonu ile meydana gelen aldehitlerin miktarı belirlenmiş olur. Keton yapısındaki ikincil oksidasyon ürünlerini ölçmemektedir [92]. Derin yağda kızartma işlemi uygulanan ve daha sonrasında adsorban materyalleriyle muamele edilmiş yağ örneklerindeki p-anisidin değerindeki değişim Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Kızartma süresince gerçekleşen oksidasyon nedeniyle oksidasyonun birincil ürünleri olan hidroperoksitler ve konjuge yapıdaki yağ asitleri kararsız olduklarından parçalanarak oksidasyonun ikincil ürünleri olan aldehitlere, ketonlara, alkollere, kısa zincirli yağ asitlerine dönüşmektedirler [38]. Bu sırada aldehit oluşumunun artmasına bağlı olarak yağın p-anisidin değeri yükselmektedir. Buğday kepeği külü ile ve yulaf kavuz külü ile muamele edilmiş yağ

örneklerine ait p-anisidin değerlerinin 6. saat sonunda ticari adsorban olan Magnesol XL'den daha düşük olması önemli bir detaydır. Kızartma sonunda adsorbanlarla muamele edilmiş yağ örneklerinin tümünde p-anisidin değerinde 18 saat süresince düzenli artış olduğu gözlemlenmiştir. P-anisidin değerinin tüm örneklerde de neredeyse iki katına çıktığı ise dikkat çekmiştir (6. saat  $27,52 \pm 0,45$  12. Saat  $44,03 \pm 0,14$  ). Sonuç olarak gerek ticari gerekse bitkisel adsorban materyallerle muamelenin p-anisidin artışının engellenmesinde aktif bir rolü olmadığı tespit edilmiştir.

#### **4.3.4 TOTOX (Toplam Oksidasyon) Değerleri**

Toplam oksidasyon değeri (TOTOX) yağların oksidatif bozunmaların hesaplanmasında kullanılır. Kompleks oksidasyon prosesi iki aşamada gerçekleşir; ilk aşamada yağ asitlerinin oksijenle reaksiyonu sonrası kokusuz peroksitler oluşur. İkinci aşamada ise bu peroksitlerin uçucu olmayan aldehitlere ve istenmeyen tat-koku oluşuma neden olan uçucu aldehitlere dönüşme aşamasıdır [93]. Yağın oksidatif durumu belirlenirken, birincil ve ikincil oksidasyonu da dikkate almak gerekmektedir. Sadece peroksit analizi ile yağ içeriğinin oksidasyonunun belirlenmesinin yanı sıra; p-anisidin değeri ile oksidasyonun geçmişinin belirlenmesi sağlanmaktadır. Bu yüzden de TOTOX değeri tanımlanmıştır [94]. Derin yağda kızartma işlemi uygulanan ve daha sonrasında adsorban materyalleriyle muamele edilmiş yağ örneklerindeki totox değerindeki değişim Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Değerlere bakıldığında kızartma süresinin artmasına bağlı olarak kızartma yağındaki TOTOX değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. 6. saat sonunda yulaf kavuzu külüyle muamele edilmiş yağ örneğindeki TOTOX değerinin, peroksit ve p-anisidin değerlerindeki trende uygun olarak ticari adsorban olan Magnesol XL'den daha düşük çıkması önemli bir bulgudur. 12. saat sonunda ise arpa kavuz külü ve buğday kavuz külü ile muamele edilmiş yağ örneklerindeki TOTOX değerinin Magnesol XL ile çok yakın değerler gösterdiği tespit edilmiştir. Genel olarak, bitkisel adsorban materyallerinin yağların oksidasyonunun engellenmesinde/ geciktirilmesinde Magnesol XL kadar başarı sağlayabileceği ortaya koyulmuştur.

#### **4.3.5 Yağ Asitleri Kompozisyonu**

Kızartma süresince uygulanan sıcaklık ve sürenin, tüm kızartma gruplarına ait yağ asitleri kompozisyonunda meydana getirdiği değişiklikler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.5).

Sonuçlar incelendiğinde, Magnesol XL ile muamele edilmiş kızartma yağlarının doymuş yağ asitleri (C14-C16-C18) bakımından diğer tüm deneme gruplarına kıyasla daha yüksek değerlere sahip olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak da önemli bulunduğu görülmektedir.

Linoleik asit (C18:2) bakımından değerlendirilme yapıldığında yulaf kavuzu külüyle muamele edilen yağ örneklerinin en düşük değere sahip olduğu ve diğer deneme gruplarının birbirine yakın değerler sergilediği ortaya koyulmuştur. Kızartmanın son gününde (18. saat) yulaf kavuzu külüyle muamele edilen yağların diğer gruplara kıyasla belirgin şekilde daha düşük linolenik asit (C18:3) içeriğine sahip olduğu da tespit edilmiştir.

Oleik asit (C18:1) içerikleri bakımından yulaf kavuz külüyle muamele edilen örneklerin en yüksek, kontrol grubunun ise en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. Magnesol, arpa kavuz külü ve buğday kepeği külüyle muamele edilen yağların ise oleik asit içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilememiştir.

Kızartma sırasında uygulanan sıcaklık ve sürenin artışına bağlı olarak doğrusal bir artış sergileyen trans yağ asitleri bakımından değerlendirilme yapıldığında ise, buğday kepeği külüyle muamele edilen yağlarda herhangi bir elaidik asit oluşumuna rastlanmadığı dikkati çekmektedir. Buna ek olarak bitkisel kökenli adsorbanların, trans yağ asiti oluşumunun azaltılmasında ticari magnesol kadar etkili olduğu da diğer önemli bir bulgudur. Benzer durum linolelaidik asit için de geçerlidir ve buğday kepeği külüyle muamele edilen yağ örneklerinden bu trans formun oluşumu en düşük düzeydedir.

Genel olarak buğday kepeği ve yulaf kavuz küllerinin trans yağ asiti oluşumunda beklenen olumlu etkiyi sağladığını söylemek mümkündür.

Çizelge 4.5. Farklı adsorban toprakları ile muamele edilen kızartma yağlarının yağ asiti kompozisyonları (18 saat bitiminde)

Yağ asitleri (%)	P değeri	Kontrol	Magnesol XL	Tarımsal kökenli adsorban materyalleri		
				Arpa kavuz külü	Buğday kepeği külü	Yulaf kavuz külü
Miristik asit (C14:0)	0,01	0,074 ± 0,01 <sup>E</sup>	0,284 ± 0,01 <sup>A</sup>	0,125 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,090 ± 0,01 <sup>D</sup>	0,102 ± 0,01 <sup>C</sup>
Palmitik asit (C16:0)	0,01	6,41 ± 0,02 <sup>E</sup>	7,63 ± 0,02 <sup>A</sup>	7,284 ± 0,01 <sup>B</sup>	7,08 ± 0,01 <sup>D</sup>	7,21 ± 0,02 <sup>C</sup>
Palmitoleik asit (C16:1)	0,01	0,030 ± 0,01 <sup>D</sup>	0,045 ± 0,03 <sup>A</sup>	0,035 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,032 ± 0,01 <sup>C</sup>	0,033 ± 0,01 <sup>C</sup>
Stearik asit (C18:0)	0,01	3,07 ± 0,03 <sup>E</sup>	3,34 ± 0,09 <sup>A</sup>	3,24 ± 0,06 <sup>C</sup>	3,19 ± 0,02 <sup>D</sup>	3,31 ± 0,09 <sup>B</sup>
Oleik asit (C18:1 n9c)	0,01	31,88 ± 1,60 <sup>C</sup>	32,70 ± 2,30 <sup>B</sup>	32,65 ± 2,45 <sup>B</sup>	32,73 ± 2,20 <sup>B</sup>	35,05 ± 4,19 <sup>A</sup>
Elaidik asit (C18:1 n9t)	0,736	0,068 ± 0,01	0,043 ± 0,01	0,047 ± 0,01	nd	0,039 ± 0,01
Linoleik asit (C18:2 n6c)	0,658	54,14 ± 3,02 <sup>B</sup>	54,31 ± 2,81 <sup>B</sup>	55,27 ± 0,01 <sup>A</sup>	55,31 ± 3,20 <sup>A</sup>	52,67 ± 1,19 <sup>C</sup>
Linolelaidik asit (C18:2 n6t)	0,823	0,227 ± 0,06	0,265 ± 0,05	0,267 ± 0,05	0,191 ± 0,03	0,241 ± 0,04
Linolenik asit (C18:3 n6)	0,01	0,118 ± 0,01 <sup>AB</sup>	0,114 ± 0,01 <sup>AB</sup>	0,053 ± 0,01 <sup>D</sup>	0,121 ± 0,01 <sup>A</sup>	0,04 ± 0,01 <sup>C</sup>
Gama linolenik (C18:3 n6)	0,01	0,041 ± 0,01 <sup>A</sup>	0,015 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,015 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,012 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,015 ± 0,01 <sup>C</sup>
Araşidonik asit (C20:4 n6)	0,01	0,049 ± 0,01 <sup>A</sup>	0,047 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,047 ± 0,01 <sup>C</sup>	0,042 ± 0,01 <sup>B</sup>	0,045 ± 0,01 <sup>B</sup>



## 5 SONUÇ ve ÖNERİLER

Toplam 18 saatlik kızartma süresince gerek kızartma yağında oluşan bozunma reaksiyonlarının yavaşlatılması veya engellenmesi, gerekse kızartılan gıda maddesinin fiziksel ve duyuşal açıdan üstün niteliklerde elde edilmesi amacıyla tarımsal kökenli doğal adsorban kullanımının test edildiği bu çalışmada önemli bulgulara ulaşılmıştır.

Tarımsal kökenli adsorban materyallerinin enstrümental tekniklerle karakterize edilen mikron düzeydeki yüzey ve gözenek morfolojilerinin, kristal desenlerinin ve elementel kompozisyonlarının, adsorpsiyon kapasiteleri üzerinde kritik öneme sahip olduğu gözlenmiştir.

SEM görüntüleri incelendiğinde (Resim 4.1) yulaf kavuz küllerinin daha geniş bir yüzey alanına sahip olduğu gözlenirken, BET analizinden elde edilen yüzey alanı sonuçları da (Çizelge 4.1) bu bulguyu destekler niteliktedir. Arpa ve yulaf kavuz küllerine kıyasla yaklaşık 2-5 kat daha yüksek adsorpsiyon kapasitesi değerine sahip buğday kepeği külünün ise hidroliz ve ileri oksidasyon ürünlerinin yağdan uzaklaştırılmasında (daha düşük serbest yağ asitliği, p-anisidin ve TOTOX değerleri) daha aktif olduğu belirlenmiştir.

Adsorban materyallerinin ayçiçek yağının rengi üzerine olan etkisi de test edilmiştir. Kızartma süresince kontrol dahil adsorbanla muamele edilen yağ örnekleri arasında L\* değeri (0: karanlık ve 100: aydınlık) bakımından önemli bir farklılık göze çarpmamakla beraber, sadece buğday kepeği külü ile muamele edilen yağların 18 saat sonunda diğerlerine kıyasla daha koyu renkli olduğu tespit edilmiştir. Renk doygunluğu (kroma) ve Hue değerleri açısından yapılan değerlendirmede ise, Magnesol XL ile muamele edilen örneklerin en düşük kroma değerine sahip olduğu ve kroma değerinin tüm kızartma gruplarında zamanın ilerlemesiyle birlikte arttığı görülmektedir. Renk tonunda ise arpa kavuz külünün yağların renk tonu değerinin düşürülmesinde diğer gruplara kıyasla çok daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Kızartma yağının kalitesi kadar kızartılan ürünün tekstürel ve duyuşal özelliklerinin iyileştirilmesi de bu çalışmanın ana hedefleri arasında yer almaktadır. Kızartılmış patateslerin sertlik değerinin hemen her grupta kızartma süresince düzenli bir artış yada azalma şeklinde seyretmediği gözlenmiştir. Bu duruma her gün sonunda adsorban muamelesi sonucunda

kızartma yağ miktarının azalmasının ve/veya şoklanmış patateslerin homojen olmayan boyutlarının (kalınlık/uzunluk/genişlik) sebep olabileceği düşünülmektedir. Kontrol grubunda kızartılan patateslerin diğerlerine kıyasla daha düşük sertliğe sahip olduğu (173,8 g), tarımsal kökenli adsorbanların ise yakın aralıkta (243-255 g) değişen sertlik sonuçları verdiği tespit edilmiştir. Kızartılmış patateslerin absorbe ettikleri yağ miktarının ise tüm deneme gruplarında, kızartma süresine bağlı olarak düzenli bir artış sergilediği ve Magnesol XL muamele yağlarda kızartılan patateslerin daha az yağ çektiği belirlenmiştir. Tüm örnekler arasından en fazla yağ içeriğine sahip kızartmalar ise arpa kavuz külüyle muamele edilen patates örneklerinden analiz edilmiştir.

Sentetik ve tarımsal kökenli adsorbanlarla (yulaf kavuz külü hariç) muamelenin kontrol grubuna kıyasla hidroliz reaksiyonu üzerinde olumlu etki sağladığı ve 18 saat bitiminde ölçülen serbest asitlik değerinin tüm gruplar için %2 nin altında olduğu gözlenmiştir.

Yağın başlangıç ve ileri oksidatif stabilitesinin değerlendirilmesi için önem taşıyan peroksit ve p-anisidin değerleri için en iyi sonuçlar sırasıyla yulaf kavuz külü ve Magnesol XL ile muamele edilen yağlardan alınmıştır. İleri oksidasyonun engellenmesinde buğday kepeği külünün (56,53) Magnesol XL'e (54,38) yakın sonuçlar sergilemesi de dikkat çeken önemli bir bulgudur.

Kızartma süresince yağda istenmeyen reaksiyonlardan biri de “trans yağ asitleri” oluşumudur. Kızartmanın bitiminde (18 saat sonunda) yapılan değerlendirmede trans yağ asiti oluşumunun azaltılmasında, tarımsal kökenli adsorbanların ticari Magnesol XL ‘den çok daha iyi sonuç verdiği ve daha düşük trans yağ asitleri içeriğine sahip olduğu ortaya koyulmuştur. Özellikle buğday kepeği külüyle muamele edilen yağlarda, oleik (C18:1) ve linoleik (C18:2) asitlerin trans formları olan sırasıyla elaidik asit (C18:1 n9t) ve linolelaidik asit (C18:2 n6t) için diğer tüm deneme gruplarına kıyasla en üstün sonuçlar alınmıştır.

Çalışma kapsamında ülkemizde yaygın yetişen tarımsal kökenli ürünlerin (arpa, buğday ve yulaf) işlenmesi esnasında açığa çıkan kavuz ve kepeklerin kül haline gelinceye kadar yakılmasıyla elde edilen doğal adsorbanların, tüm dünyada yaygın kullanılan ticari sentetik adsorban Magnesol XL'e karşı daha üstün değerler sergilediği analiz sonuçları ortaya koyulmuştur. Düşük maliyetle elde edilen bu yan ürünlere katma değer ve ticari önem kazandırılması bakımından, kızartma yağlarının rejenerasyonunda adsorban materyali olarak değerlendirilmelerinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Rossell J.B., 2001. *Frying - Improving Quality*. Woodhead Publishing Limited. 1,20-21, 28-34, 49, 52, 72-73.
- [2] McGee M., 1993. Commercial Outlets Use 42% of U.S. oil. *Inform*, 4: 596.
- [3] Hunter J.E. ve Applewhite J.H., 1993. Correction of Dietary Fat Availability Estimates for Wastage of Food Service Deep-Frying Fats. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70: 613-617.
- [4] Choe E. ve Min D.B., 2007. Chemistry of Deep-Fat Frying Oils. *Journal of Food Science*, 72(5): 77-84.
- [5] Anonim1. 2009. Oils and fats market. Retrieved January 11, 2008, from <http://www.rea.co.uk/market/>.
- [6] Anonim2. 2008. World Statistics - Vegetable Oil Consumption. Retrieved December 14, 2008, from <http://www.soystats.com/2008/Default-frames.htm>.
- [7] Çanakçı M., 2008. Kullanılmış Kızartmalık Yağlar ve Dünyadaki Uygulamalar. AYARGE, Atık Bitkisel Yağların İnsan Sağlığı ve Çevreye Etkileri, Biyodizelin Önemi, İstanbul-10 Ocak 2008.
- [8] Rimac-Brcic, S., Lelas, V., Rade, D., and Simundic, B., Decreasing of Oil Absorbtion in Potato Strips During Deep Fat Frying. *Journal of Food Engineering*, 2004, 64, 237-241.
- [9] Wu, H., Karayiannis, T.,G., Tassou, S.,A., A Two-dimensional Frying Model for the Investigation and Optimisation of Continuous Industrial Frying Systems, *Applied Thermal Engineering*, 2013, 51, 926-936.
- [10] Stauffer C., 1996. *Fats and Oils: Practical Guides For the Food Industry* .Eagan Press. St. Paul, 149 p.
- [11] Blumenthal M.M., 1991. A New Look at the Chemistry and Physics of Deep-Fat Frying. *Food Technology*, 45(2): 68-71, 94.
- [12] Gupta M.K., 2005. Frying Oils. In: Shahidi, F. Ed. *Bailey's Industrial Oil And Fat Products, Edible Oil and Fat Products: Products and Applications (6th ed., Vol.4)* Wiley Interscience Publication, 1-31.
- [13] Velasco J., Marmesat S. ve Dobarganes M.C. 2009. Chemistry of Frying. In: Sahin, S. ve Sumnu, S.G. Ed. *Advances in Deep-Fat Frying Of Foods*, CRC Press 2009, 33-57.
- [14] Kayahan M., 2002. Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri. Ankara-2002. 227-246.

- [15] Tokuşoğlu, Ö., Kızartmalık Yağlar, Gıda 2000 Gıda Teknolojisi ve Tarım Dergisi, Nisan 2013, No:141.
- [16] Tokuşoğlu Ö. 2016. Kızartmalık Yağ Bilimi ve Teknolojisi. İleri Yağ Teknolojisi-Lisansüstü Ders Notları- Celal Bayar Üniversitesi-Manisa.
- [17] Bester, E., Butinar, B., Bucar-Miklavcic, M., Golob, T., Chemical Changes in Extra Virgin Olive Oils from Slovenian Istra after Thermal Treatment, Food Chemistry, 2008, 108, 446-454.
- [18] Gökalp, H. Y., Nas, S., Ünsal, M., Bitkisel Yağ Teknolojisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Ders Kitapları, Yayın No: 005, Denizli, 2001, 329 s.
- [19] Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Bitkisel Atık Yağların Yönetimi Kitabı, Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2010, 99 s.
- [20] Shahidi, F., Zhong, Y., Lipid Oxidation: Measurement Methods, In: Bailey's Industrial Oil And Fat Products, Edible Oil and Fat Products: Products and Applications (6th ed., Vol.1), Edited by F. Shahidi, Wiley Interscience Publication, New York, 2005, 357-385.
- [21] Yılmaz, A., Kızartma Yağlarında Bozulma İndikatörleri, Dünya Gıda Dergisi, 2011.
- [22] Depren, E., Seven, Ü., Güçer, Ş., Isıl İşlem Sırasında Zeytinyağında Meydana Gelen Fiziksel ve Kimyasal Değişimler, I.Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi, 2008, Edremit, Balıkesir, Bildiri Kitabı, 146-150.
- [23] Resmi Gazete Yönetmelik, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Kızartmada Kullanılmakta Olan Katı ve Sıvı Yağların Özellikleri, Ek 1, 12 Mayıs 2012, Sayı: 28290.
- [24] Romero, A., Sánchez-Muniz, F., J., and Cuesta, C., Deep Fat Frying of Frozen Foods in Sunflower Oil: Fatty Acid Composition in Fryer Oil and Frozen Prefried Potatoes, Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000b, 80: 2135-2141.
- [25] Şahin, S., Öztop, M., Şumnu, G., Ozmotik Dehidrasyon Uygulanmış Patates Dilimlerinin Mikrodalga ile Kızartılması İşleminin Optimizasyonu, 9.Gıda Kongresi, 2006, Bolu, Bildiri Kitabı, 551-554.
- [26] Sharp, D., Acrylamide in Food, The Lancet, Volume 361, London, U.K., 2003, 361 s.
- [27] De Lima, E.,F., Carloni, P., Acrylamide Binding to Its Cellular Targets: Insights from Computational Studies, Intech Open Access Publisher, 2011, 431-442.
- [28] Klaunig, J., E., Acrylamide Carcinogenicity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, Vol 56, 5984-5988.

- [29] Dybing, E., Farmer, P.,B., Andersen, M., Fennell, T.,R., Lallje, S.,P.,D., Muller, D.,J.,G., Human Exposure and Internal Dose Assessments of Acrylamide in Food, *Food and Chemical Toxicology*, 2005, 43:3, 365-410.
- [30] Paul S. ve Mittal G.S., 1997. Regulating the Use of Degraded Oil/Fat in Deep-Fat/Oil Food Frying. *Critical Rev. in Food Sci. and Nutr.*, 37(7): 635-662.
- [31] Romero A., Cuesta C. ve Sanchez-Muniz F.J., 1998. Effect of Oil Replenishment During Deep-Fat Frying of Frozen Foods in Sunflower Oil and High-Oleic Acid Sunflower Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75: 161-167.
- [32] Chatzilazarou A., Gortzi O., Lalas S., Zoidis E. ve Tsaknis J., 2006. Physicochemical Changes of Olive Oil and Selected Vegetable Oils During Frying. *Journal of Food Lipids*, 13: 27-35
- [33] Mazza G. ve Qi H., 1992. Effect of After-Cooking Darkening Inhibitors on Stability of Frying Oil and Quality of French Fries. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69: 847-853.
- [34] Morrison W.H., Robertson J.A. ve Burdick D., 1973. Effect of Deep-Fat Frying on Sunflower Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 50: 440-442.
- [35] Warner K. ve Mounts T.L., 1993. Frying Stability of Soybean and Canola Oils with Modified Fatty Acid Compositions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70: 983-988.
- [36] Mamat H., Aini I.N., Said M. ve Jamaludin R., 2005. Physicochemical Characteristics of Palm Oil and Sunflower Oil Blends Fractionated at Different Temperatures. *Food Chemistry*, 91: 731-736.
- [37] Bheemreddy R.M., Chinnan M.S., Pannu K.S. ve Reynolds A.E., 2002. Active Treatment of Frying Oil for Enhanced Fry-Life. *Journal of Food Science*, 67(4): 1478-1484.
- [38] Maskan M. ve Bağcı H.Đ., 2003. The Recovery of Used Sunflower Seed Oil Utilized in Repeated Deep-Fat Frying Process. *European Food Research and Technology*, 218(1): 26-31
- [39] Mancini-Filho J., Smith L.M, Creveling R.K. ve Al-Shaikh H.F., 1986. Effects of Selected Chemical Treatments on Quality of Fats Used for Deep Frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 63: 1452-1456.
- [40] Stevenson S.G., Vaisey-Genser M. ve Eskin N.A.M., 1984. Quality Control in the Use of Deep Frying Oils. *Journal of The American Oil Chemists' Society*, 61: 1102-1108.
- [41] Boskou D., 1988. Stability of Frying Oils. In: Varela G., Bender A.E. ve Morton I.D, Eds. *Frying of Food: Principles, Changes, New Approaches*. New York: VCH Publishers. 174-182.

- [42] Choe E. ve Lee J., 1998. Thermooxidative Stability of Soybean Oil, Beef Tallow, and Palm Oil During Frying of Steamed Noodles. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 30: 288-292.
- [43] Schroeder M.T., Becker E.M. ve Skibsted L.H., 2006. Molecular Mechanism of Antioxidant Synergism of Tocotrienols and Carotenoids in Palm Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 3445-3453.
- [44] Prevot A., Desbordes S., Morin O. ve Mordret F., 1988. Volatiles and Sensory Effects from Frying Oils. In: Varela G., Bender A.E. ve Morton I.D., Eds. *Frying of Food: Principles, Changes, New Approaches*. Chichester, UK: Ellis HorwoodLtd. 155-165.
- [45] Pokorny J., 1989. Flavor Chemistry of Deep Fat Frying in Oil. In: Min D.B. ve Smouse T.H., Eds. *Flavor Chemistry of Lipid Foods*. Champaign, Ill.: American Oil Chemists' Society. 113-115.
- [46] Pylar E.J., 1972. General Aspects of Doughnut Production. *Baker's Digest* 46(6): 40-44.
- [47] Gil B., 1993. Correlation of Interfacial Tension with Frying Fat Usage and Absorption by Cake Donuts, (PhD Thesis), Drexel University, Philadelphia, PA, United States. 6-20, 22-24.
- [48] Guillaumin R., 1988. Kinetics of Fat Penetration in Food. In: Varela ve ark., Eds. *Frying of Food*. Ellis Horwood Ltd., Chichester, England: 82-92
- [49] Lamberg I., Hallstrom B. ve Olsson H., 1990. Fat Uptake in a Potato Drying/Frying Process. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 23(4): 295-300.
- [50] Robertson C.J., 1967. The Practice of Deep-Fat Frying. *Food Technology*, 21: 34-36.
- [51] Karakaya, S. , 2009, Gıda İşlemede Besin Öğelerinde Değişimler Ders Notları
- [52] Hosney R.C (1986). Principles of cereal science and technology. American association of cereal chemists (AACC), Inc. St. Paul, 372 s, Minnesota, USA
- [53] Özer E., 1998. Tam Taneli Tahıllar ve Sağlık Etkileşimi. İstanbul Üniv, İstanbul Tıp Fak., İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Endokrinoloji ve Metabolizma Bilim Dalı
- [54] IGC 2016. <https://www.igc.org.uk> internet adresi. Erişim: 10.04.2015. KAHRAMAN T., AVCI R. ve ÖZTÜRK İ., 2008. Islah Çalışmaları Sonucu Geliştirilen Bazı Ekmeklik Buğday Hatlarının Tane Verimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Ülkesel Tahıl Sempozyumu*, 2-5 Haziran, Konya, s.732-737.
- [55] Zhang R, Xiao X, Tai Q, Huang H, Yang J ve Hu Y (2012). Preparation of ligninsilica hybrids and its application in intumescent flame-retardant poly (lactic acid) system. *High Performance Polymers*, 1-9.

- [56] Önder, Ö., 2011 “Derin Yağda Kızartma İşleminde Adsorbant Kullanımının Kızartmalık Yağların Kullanım Süreleri Üzerine Etkisi” Yüksek Lisans Tezi Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 21-22
- [57] Wu Pei-fen ve Nawar W.W., 1986. A Technique for Monitoring the Quality of Used Frying Oils. *Journal of the American Oil Chemists’s Society*, 63: 1363-1367.
- [58] Zhang W.B. ve Addis P.B., 1992. Evaluation of Frying Fat Filtration Systems. *Journal of Food Science*, 57: 651-654.
- [59] Blumenthal M.M. ve Stier R.F., 1991. Optimization of Deep-Fat Frying Operations. *Trends in Food Science & Technology*, 2: 144-148.
- [60] Boki K., Shinoda S. ve Ohno S., 1989. Effects of Filtering Through Bleaching Media on Decrease of Peroxide Value of Autoxidized Soybean Fat. *Journal of Food Science*, 54: 1601-1603.
- [61] Mancini-Filho J., Smith L.M, Creveling R.K. ve Al-Shaikh H.F., 1986. Effects of Selected Chemical Treatments on Quality of Fats Used for Deep Frying. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 63: 1452-1456.
- [62] Abd-el Aal M.H. ve Youssef M.M., 1990. Role of Some Adsorbents in Improving Quality Attributes of Oils Used in Deep Frying of Falafel. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 67: 139-143.
- [63] Kim C.J., Kim I.W. ve Shin H.K., 1988. Effects of Compositated Powder Treatment on the Increase of the Useful Life-Time of Frying Fat. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 20(5): 637-643.
- [64] Yates R.A. ve Caldwell J.D., 1992. Adsorptive Capacity of Active Filter Aids for Used Cooking Fat. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 69: 894-897.
- [65] McNeill J., Kakuda Y. ve Kamel B., 1986. Improving the Quality of Used Frying Oils by Treatment with Activated Carbon and Silica. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 63: 1564-1567
- [66] Brooks D.D., 1991. Some Perspectives on Deep-Fat Frying. *Inform*, 2: 1091-1095.
- [67] Jacobson G.A., 1991. Quality Control in Deep-Fat Frying Operations. *Food Technology*, 45(2): 72-74.
- [68] Dülger, A., 2011 “Modifiye Edilmiş Zeolitlerin Kızartma Yağı Adsorbantı Olarak Kullanılabilir Potansiyellerinin Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, 21-22

- [69] Akoh C.C., Lin S. ve Reynolds A.E., 2001. Recovery of Used Frying Oils with Adsorbent Combinations: Refrying and Frequent Oil Replenishment. *Food Research International*, 34: 159-166
- [70] Miyagi, A. and Nakajima, M., 2003, Regeneration of Used Frying Oils Using Adsorption Processing, *JAACS* 80:91–96p.
- [71] Buczek, B., Czepirski, L. And Zietkiewicz J., 2005, Improvement of Hydrogen Storage Capacity for Active Carbon University of Science and Technology, Faculty of Fuels and Energy, 30-059 Cracow, Poland, 11: 877–880
- [72] Farag R.S. ve Al-Anany A.M., 2006. Improving the Quality of Fried Oils by Using Different Filter Aids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 2228-2240.
- [73] Subramanian R., Nandini K.E., Sheila P.M., Gopalakrishna A.G., Raghavarao K.S.M.S., Nakajima M., Kimura T. ve Maekawa T., 2000. Membrane Processing of Used Frying Oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77(3): 323 p
- [74] Singhal R.S., Bhattacharya A.B., Sajilata M.G. ve Tiwari R.S., 2008. Regeneration of Thermally Polymerized Frying Oils with Adsorbents. *Food Chemistry*, 110: 562570.
- [75] Gümüşkesen, A. S. and Yemişçioğlu, F., 2004, Bitkisel Yağ Teknolojisi, Asya Tıp Yayıncılık, 2. Baskı, İzmir, 214-215s
- [76] Anonim5. 2009. Magnesol®. Retrieved January 5, 2009, from <http://www.fryerpower.com/files/RSeries.pdf>
- [77] Anonim6. 2009. Britesorb™ C935. Retrieved January 5, 2009, from [http://www.pqcorp.com/AGSpecific/Britesorb\\_C935.pdf](http://www.pqcorp.com/AGSpecific/Britesorb_C935.pdf).
- [78] Anonim7. 2009. Frypowder®. Retrieved January 5, 2009, from [http://www.spimpex.com/default.asp?sayfa=miroil\\_frypowder](http://www.spimpex.com/default.asp?sayfa=miroil_frypowder).
- [79] Anonim8. 2009. OilFresh™ 1000. Retrieved January 5, 2009, from <http://www.oilfresh.com>
- [80] Anonim, 2008,“E553:Magnezyum silikatlar” <http://www.food-info.net/tr/e/e553.htm>. (Erişim tarihi: 3 Mayıs 2010)
- [81] Anonim, 2019; <http://www.selcuk.edu.tr/dosyalar/files/046016/adsorpsiyon.pdf>)
- [82] Nhil S., 2008. Testing Cooking Oil Freshness. *Food Magazine*. Retrieved January 9, 2008, from <http://www.foodmag.com.au/Article/Testing-cooking-oilfreshness/139016.aspx>.
- [83] David F., Sandra P., Vickers A.K. (2005). Column Selection for the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters Application, Retrieved June 2016, from <https://www.agilent.com/cs/library/applications/5989-3760EN.pdf>.



- [84] Withiam M. C., Sinclair, F. A. 2008. U.S. Patent Application No. 11/646,123.
- [85] Na-Ranong D., Launghaleongpong P., Khambung S. 2015. Removal of Steryl Glucosides in Palm Oil Based Biodiesel Using Magnesium Silicate and Bleaching Earth. *Fuel*, 143, 229-235.
- [86] TGK, 2007. Kızartma Amacıyla Kullanılan Katı ve Sıvı Yağların Kontrol Kriterleri Tebliği. Tebliğ No:2007/41. Resmi Gazete sayı: 26627, Ankara.
- [87] Al-Harbi M.M. ve Al-Kabtani H.A., 1993. Chemical and Biologic Evaluation of Discarded Frying Palm Oil Commercial Restaurants. *Food Chemistry*, 48: 395-401.
- [88] Chatzilazarou A., Gortzi O., Lalas S., Zoidis E. ve Tsaknis J., 2006. Physicochemical Changes of Olive Oil and Selected Vegetable Oils During Frying. *Journal of Food Lipids*, 13: 27-35
- [89] Bulut E., 2009. Kızartma Yağlarına Uygulanan Yeni Adsorben Karışımının Etkenliğinin Araştırılması, (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- [90] Gutiérrez R., Quijano G. ve Dobarganes M.C., 1988. Analytical Procedures for the Evaluation of Used Frying Fats. In: Varela ve ark., Eds. *Frying of Food*. Ellis Horwood Ltd., Chichester, England: 141-154.
- [91] Nas S., Gökalp H.Y. ve Ünsal M., 2001. Bitkisel Yağ Teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayın No: 005, Denizli. 21, 291, 302, 303 s.
- [92] Jaswir, I., Che Man, Y.,B., Kitts, D.,D., Synergistic Effects of Rosemary, Sage and Citric Acid on Fatty Acid Retention of Palm Olein During Deep-fat Frying, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2000, 77, 527-533
- [93] Labrinea, E.P.; Thomaidis, N.S.; & Georgiou, C.A., 2001. Direct olive oil anisidine value determination by flow injection. *Analytica Chimica Acta*, 448, 201-206.
- [94] Alonso, J., (2004). Prevalence of mental disorders in Europe: Results from the European Study of the Epidemiology of Mental Disorders (ESEMeD) project. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, Supplement, 109(420), 21-27.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZCAN,Suzan  
Uyruğu : T.C.  
Doğum Yeri : İDİL  
Medeni Hali : Bekar  
e-mail : suzan.ozcan.73@gmail.com

### Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Yüksek Lisans	Uşak Üniversitesi/Gıda Mühendisliği Bölümü	2019
Lisans	Yüzüncü Yıl Üniversitesi/Gıda Mühendisliği Bölümü	2015
Lise	Çok Programlı Lisesi/Şırnak	2011

### İş Deneyimi

<u>Yıl</u>	<u>Yer</u>	<u>Görev</u>
2013-2013	İzmir/3. Sanayi	Laboratuvar/Stajyer
2014-2014	Kocaeli/Çayirova	Üretim/Stajyer
2015-2017	İstanbul/Küçükçekmece	Gıda Güvenliği Ekip Lideri
2018-2018	İstanbul/Küçükçekmece	Hijyen ve Kalite Sorumlusu
2018-Devam Ediyor	İstanbul/Küçükçekmece	Üretim Müdürü

### Hobiler

Kitap okumak, belgesel izlemek, tenis, doğa yürüyüşleri.