



**T.C.
HİTİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BİTKİSEL YAĞLARDA KULLANILAN AĞARTMA
TOPRAKLARI İÇİN SİSTEM PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Mehmet TUNCER

Çorum 2019

**BİTKİSEL YAĞLARDA KULLANILAN AĞARTMA TOPRAKLARI
İÇİN SİSTEM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

Mehmet TUNCER

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı**

Yüksek Lisans Tezi

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BİLİCİ

Eş Danışman: Arş. Gör. Dr. Celal Utku DENİZ

Çorum 2019

Mehmet TUNCER tarafından hazırlanan “Bitkisel Yağlarda Kullanılan Ağartma Toprakları İçin Sistem Parametrelerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması .../.../..... tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

(Unvanı, Adı ve Soyadı)*(imza).....

(Unvanı, Adı ve Soyadı)**(imza).....

(Unvanı, Adı ve Soyadı)(imza).....

Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarihli ve sayılı kararı ile’ın Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Doç. Dr. Cengiz BAYKASOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANI

Tez içindeki bütün bilgilerin 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.

Mehmet TUNCER



**BİTKİSEL YAĞLARDA KULLANILAN AĞARTMA TOPRAKLARI İÇİN
SİSTEM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**



Mehmet TUNCER

HİTİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ekim 2019

ÖZET

Enerji maliyetleri sürekli arttıkça, endüstrilerin tüm proseslerde verimliliği göz önünde bulundurması gerekir. Günlük temel gıdalar arasında bulunan bitkisel yağlar, rafinaj sırasında büyük miktarda enerji tüketen işlemlere sahiptir. Bu işlemlerden en önemlilerinden biri olan ağartma, enerjinin bolca kullanıldığı bir işlemdir. Bu çalışmada, ağartma toprağının sistem parametreleri, soya fasulyesi ve ayçiçeği yağını işleyen bir fabrika için deneysel olarak incelenmiştir. Kullanılan ağartma toprağı, X-ışını difraksiyonu (XRD) ve Brunauer-Emmett-Teller (BET) teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Kullanılan toprak miktarı ve zaman bağımsız parametreler olarak incelenmiş ve buna göre proses çıkışındaki yağların renk, asit ve peroksit sayısı değerleri ASTM standartlarına göre belirlenmiştir. Toplanan deneysel veriler kullanılarak, yağların renk değerlerini tahmin etmek için iki farklı yaklaşım uygulanmıştır. Polinom ve Yüzeylerin fit edilmesi yaklaşımlarına göre %2-2,5 arası toprak ve 60-80 dakika ağartma süresi optimum şartlar olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağartma toprağı, yemeklik yağ, soya fasulyesi yağı, ayçiçeği yağı, renk, asit sayısı, peroksit sayısı

**DETERMINATION OF SYSTEM PARAMETERS FOR BLEACH SOILS
USED IN VEGETABLE OILS**

Mehmet TUNCER

HİTİT UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

October 2019

ABSTRACT

As energy costs increase continuously, industries need to consider efficiency in all processes. Vegetable oils, which are among the main daily foods, have processes that consume large amounts of energy during refining. Bleaching, one of the most important of these processes, is a process in which energy is used abundantly. In this study, the system parameters of bleaching soil were investigated experimentally for a plant processing soybean and sunflower oil. The bleaching earth used was investigated using X-ray diffraction (XRD) and Brunauer-Emmett –Wires (BET) techniques. Soil quantity and time used were examined as independent parameters. The color, acid and peroxide number values of the oils at the process output were determined according to ASTM standards. Using the experimental data collected, two different approaches were used to estimate the color values of the oils. According to the polynomial and surface fit approaches, 2-2.5% soil and 60-80 minutes bleaching time were determined as optimum conditions.

Keywords: Bleaching earth, edible oil, soybean oil, sunflower oil, color, acid number, peroxide number

TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın gerekleőtirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaőan, zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, her sorun yaőadıęımda yanına çekinmeden gidebildiğim, mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düőündüęüm değerli Danıőmanım Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BİLİCİ'ye ve Eş Danıőmanım Arş. Gör. Dr. Celal Utku DENİZ'e teőekkürü bir borç biliyor ve őükranlarımı sunuyorum.



Bu tez çalışması 24 Nisan 2018 tarihinde Hitit Üniversitesi ile Çorum Ticaret ve Sanayi Odası arasında imzalanan “Sanayi Odaklı Lisansüstü Tez Uygulaması” kapsamında gerçekleştirilmiştir. Verdikleri destekten dolayı, Hitit Üniversitesi ve Dia Bakliyat’a teşekkür ederiz.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
RESİMLER DİZİNİ.....	xiii
HARİTALAR DİZİNİ	xiv
KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Yağlar ve Kimyasal Özellikleri.....	3
2.2. Yağlı Tohumlar	3
2.3. Ham Yağ Üretimi	5
2.4. Bitkisel Yağlarda Rafine Aşamaları.....	6
2.4.1. Nötralizasyon	6
2.4.2. Vinterizasyon	6
2.4.3. Deoderizasyon.....	7
2.4.4. Ağartma.....	7
2.5. Yağlarda Renk Oluşumu	7
2.6. Yağlarda Renk Açma	8

	Sayfa
2.7. Ağartma Toprağının Yağ Sektöründeki İşlevi	9
2.8. Killerin Genel Özellikleri.....	10
2.9. Ağartma Toprağı Tarihçesi	12
2.9.1. Dünyada ağartma toprağı	12
2.9.2. Ülkemizde ağartma toprağı	13
2.10. Kaynak Araştırması.....	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1. Yüzey Alanı Ölçümü (BET) Analizi.....	19
3.2. Bitkisel Yağlarda Ağartma	19
3.2.1. Renk analizi.....	19
3.2.2. Serbest yağ asiti tayini	20
3.2.3. Peroksit sayısı analizi.....	20
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	23
4.1. Yüzey Alanı Ölçüm (BET) Analizi Sonuçları	23
4.2. XRD Grafikleri.....	24
4.3. Ağartma Analiz Sonucu	25
4.4. Serbest Yağ Asitliği Sonuçları	29
4.5. Peroksit Sayısı Analiz sonuçları.....	31
4.6. Model Uygulaması	33
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	36

KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Son 50 yıllık dönemde Dünyada yağlı tohum üretim miktarı.....	4
Çizelge 2.2. Türkiye bentonit rezervi.....	15
Çizelge 3.1. Toprakların ortalama kimyasal bileşimi.....	18
Çizelge 3.2. Reaktörde kullanılan toprak miktarları ve süreleri.....	20
Çizelge 3.3. Beklenen peroksit sayısına göre alınacak numune miktarı (gr).....	24
Çizelge 4.1. Ağartma işlemi sonrası renk cihazında okunan değerler	29
Çizelge 4.2. Ağartma işlemi sonrası serbest yağ asitliği sonuçları.....	31
Çizelge 4.3. Ağartma işlemi sonrası peroksit değeri sonuçları	33
Çizelge 4.4. Model uygulaması.....	35

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Ham yağ molekülü.....	3
Şekil 2.2. Kil Minerali Yapısı.....	11
Şekil 2.3. Dünya bentonit rezervleri.....	13
Şekil 3.1. Ağartma İşlemi Deney Düzeneği	19
Şekil 4.1. 114 F Toprağının sonuçları.....	25
Şekil 4.2. 278 F Toprağının sonuçları.....	25
Şekil 4.3. Ağartma Topraklarının XRD desenleri.....	26
Şekil 4.4. Soya yağı renk – süre – toprak miktarı.....	30
Şekil 4.5. Ayçiçek yağı renk – süre – toprak miktarı.....	30
Şekil 4.6. Soya yağı asitlik – süre – toprak miktarı.....	32
Şekil 4.7. Ayçiçek yağı asitlik – süre – toprak miktarı.....	32
Şekil 4.8. Soya yağı yağı peroksit sayısı – süre – toprak miktarı.....	34
Şekil 4.9. Ayçiçek yağı peroksit sayısı – süre – toprak miktarı.....	34
Şekil 4.10. Soya yağı polinom ve ince levha modeli.....	36
Şekil 4.11. Ayçiçek yağı polinom ve ince levha modeli.....	37

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Ayçiçek yağı görünümü.....	28
Resim 4.2. Soya yağı görünümü.....	28



HARİTALAR DİZİNİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. Türkiye bentonit yatakları.....	14



KISALTMALAR**Kısaltmalar**

XRD	X – ray Diffraction
BET	Brunauer – Emmett – Teller
FFA	Free Fatty Acid
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
meq	Milieşdeğer
rpm	Dakikadaki devir sayısı

1. GİRİŞ

Endüstriyel tesislerdeki enerji giderlerinin artması proseslerdeki verimliliği arttırmaya yönelik çalışmalara hız verilmesine sebep olmuştur. Bitkisel yağ prosesi de yüksek enerji tüketimi gerektiren proseslerdendir. Bu prosesin en önemli basamaklarından olan ağartma işlemi de enerjinin fazla kullanıldığı bir ünedir. Bitkisel yağ tüketiminin artmasıyla üretici firmalar kapasitelerini doğru orantılı olarak arttırmışlardır. Bu artış, bitkisel yağ üretim prosesinde kullanılan ağartma topraklarına olan ihtiyacı da arttırmıştır. Diğer taraftan ağartma toprakları birçok üretim prosesinde (biranın stabilizasyonu, şurupların arıtılması ve elma suyunun berraklaştırılması vb.) kullanılmaktadır. Bu proseslerde ağartma toprağına alternatif bir ürün kullanılması ekonomik olarak uygun değildir. Ağartma topraklarına olan ilgi, bu sebeplerle sürekli artmaktadır (Gil ve ark., 2011).

Bitkisel ve hayvansal kaynaklı hammaddelerin içerdikleri kendine özgü renk pigmentleri, bu hammaddelerden elde edilen yağların renkli olmasının temel sebebidir. Bitkisel yağlarda yaygın olarak bulunan doğal renk maddeleri alfa-beta karoten, ksantofil ve klorofildir.

Renk veren bu maddelerin bir kısmı, reçine ve asit giderme işlemleri sırasında giderilebilse de önemli bir kısmı yağ içerisinde kalmaktadır. Bu bileşikler yağdan ağartma işlemi ile uzaklaştırılmaktadır.

Ağartma işlemi için bentonit topraklar kullanılmaktadır. Bentonit, temel olarak montmorillonite içeren killi bir topraktır. Bentonitler, genel olarak yumuşak, plastik yapıya sahip, rengi içeriğine ve havayla temasına göre değişiklik gösteren, yağlı ve sabun hissi veren bir karaktere sahiptir. Killer, yağ üretim süreçlerinde istenmeyen maddelerin uzaklaştırılması (adsorpsiyonla) görevini üstlenir.

Ağartma işleminden önce asit nötralizasyonu ve reçine giderme işlemlerinden geçen yağ, daha sonra ağartıcı ile bulamaç oluşturdukları tanka alınır. Bu tankta bulamaç

karışımı ısıtılarak ağartma sıcaklığına (140-150 °C) getirilir. Daha sonra ağartma tankına alınır ve buhar ile süpürülerek ağartma işlemi gerçekleştirilir.

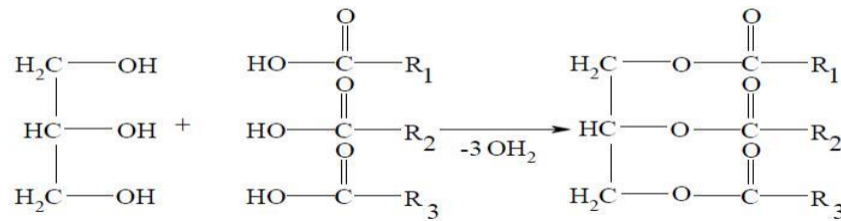
Bu işlemden sonra filtre yardımı ile ağartılmış yağ, ağartıcıdan ayrılır (Zschau W., 2001. Bleaching of Edible Fats and Oils, European Journal of Lipid Science and Technology, 103, 505-508).

Bu çalışmada soya ve ayçiçek yağı işleyen bir fabrika için ağartma toprağına ve ağartma süresine göre sistem parametreleri incelenmiş ve modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan toprak miktarı ve zaman bağımsız parametre olarak incelenmiş ve buna bağlı olarak renk, yağ asidi ve peroksit sayısı değerleri tespit edilerek modelleme amaçlı kullanılmıştır. Kullanılan ağartma toprağı XRD ve BET ile karakterize edilmiş, sistem çıkışındaki yağlar ise, ASTM standartlarına uygun olarak analiz edilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Yağlar ve Kimyasal Özellikleri

Yağ asitleri ve gliserin olarak adlandırılan alkolden oluşan ester (gliserid) özelliğindeki bileşenler bitkisel yağları oluşturmaktadır. Yapısında bir molekül yağ asidi bulunan gliseridler mono, iki yağ asidi bulunanlar di ve üç molekül yağ asidi bulunanlar ise tri gliserid olarak adlandırılır. Kimyasal olarak, çift karbon sayılı (4-24 karbonlu) doymuş ve doymamış yağ asitlerinin gliserin esterleri yemeklik yağları oluşturmaktadırlar. Yüksek kalorili besinlerin başında gelen yemeklik yağlar; C, H ve O'dan oluşur ve genel olarak azot içermezler.



Şekil 2.1. Ham yağ molekülü

2.2. Yağlı Tohumlar

İçeriğindeki yağ, protein, karbonhidrat, mineral ve vitaminler nedeniyle yağlı tohumlar, insan ve hayvan beslenmesinde oldukça önemlidir. Bu özelliklerinden dolayı, birçok sanayi sektöründe önemli bir hammadde kaynağıdır. Yağlı tohumların oldukça çeşitli kullanım alanları vardır. Bunlardan bazıları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır (Arioğlu, 2014).

- Yağ üretimi
- Karma yem üretimi
- Toprak verimliliği için etken
- Hayvan beslenmesinde
- Ekim nöbeti bitkisi olarak
- Arı yetiştiriciliği
- Sanayide hammadde olarak

- Biodizel üretimi

Yeryüzünde farklı oranlarda yağ içeren çok sayıda bitki tohumu olmasına rağmen genelde işlenen tohumlar; ayçiçeği, soya fasulyesi, pamuk, kolza, yer fıstığı, aspir ve susamdır. 1965 – 2016 yıllarını kapsayan üretim miktarlarındaki değişim Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Dünya yağlı tohum üretim miktarları (milyon ton)

Yıllar	Ayçiçeği	Çiğit	Soya	Kolza	Yerfıstığı	Aspir	Susam	Toplam
1965	8,0	35,7	31,7	5,2	15,8	0,5	1,7	98,6
1970	10,0	35,4	43,7	6,7	18,0	0,7	2,0	116,5
1975	9,9	36,0	64,2	8,8	19,1	1,0	1,7	140,7
1980	13,7	41,2	81,0	10,7	16,9	0,9	1,7	166,1
1985	18,9	50,7	101,2	19,2	21,0	0,9	2,3	214,2
1990	22,7	54,3	108,5	24,4	23,3	0,8	2,4	236,4
1995	26,3	56,7	127,0	34,2	28,8	0,8	2,5	276,3
2000	26,4	53,1	161,4	39,5	35,0	0,6	2,9	318,9
2005	30,7	66,7	209,7	45,3	36,5	0,6	3,3	392,8
2010	34,0	44,0	264,0	61,0	42,1	0,6	4,4	450,1
2016	45,0	40,0	337,0	68,0	43,9	0,7	6,2	540,8
Artış oranı (%)	462	12	963	1208	178	40	264	462,0
Oransal Değer (%)	8,1	7,2	60,8	12,3	7,9	0,1	1,1	100,0

*%2,5 (13.2 milyon ton)'ini de diğer yağlı tohumlar (zeytin, hurma ve coco hariç) oluşturmaktadır (Anonim, 2016a).

Aspir ve çiğit tohumunda çok ciddi artışlar olmamasına rağmen, soya fasulyesinde çok ciddi artışlar görünmüştür. Türkiye’deki tüketicilerin ilgisi az olmasına rağmen farklı ülkelerde soya ürünlerine talep oldukça fazladır.

Yağlı tohumlar üreticilerden alındıktan sonra üretim kapasitesine göre işlenmektedir. Dolayısıyla yağlı tohumların depolanması önem arz etmektedir. Yağlı tohumlar,

depolara alınmadan önce elenerek ot, çöp, sap ve toz gibi yabancı maddelerden arındırılmadır. Depolama alanlarında, tohumların yapısındaki yağı oluşturan yağ asitleri ve yabancı maddeler arasındaki kimyasal tepkimeler tohumların ısınması ve yanmasıyla sonuçlanabilir. Yağlı tohumlar depolarda bekletilirken ısı kontrolleri yapılmalıdır. Eğer ısınma var ise yağlı tohumlar soğutma amaçlı farklı depolara aktarılmalıdır.

2.3. Ham Yağ Üretimi

Çiftçiden alınan yağlık tohumlar elenerek yabancı maddelerden ayrılır ve depolanır. Üretim sürecindeki ilk işlem çekirdekte bulunan kabukların ayrılmasıdır. Kırıcılara gönderilen çekirdeklerin kabukları kırılarak iç kısmı ile kabuk ayrılır. Çalkar eleğe gönderilerek iç kısım ile kabuğun tamamen ayrılması sağlanır. Sonrasında vakum kullanılarak özgül ağırlığı iç kısımdan düşük olan kabuk, iç kısımdan ayrılır. Çekirdek içi, valsere aktarılarak dış zarı patlatılır ve yüzey alanı arttırılır, buradaki amaç bünyesindeki yağın en yüksek oranda alınmasını sağlamaktır. Bu aşamadan sonra kademeli tavalarda kapalı buhar ile (100 °C) çekirdek içinin bünyesindeki rutubet uzaklaştırılırken (%8'den %4'e kadar) bir taraftan da ısınarak daha kolay işlenmesi sağlanmaktadır. Tavanın üst kısmında giren çekirdeğin iç kısmı kademeli olarak inerek preslere girer. Bünyesinde %40-45 oranında yağ içeren çekirdek, preslerden geçer ve ham yağı alınır. Preslerden çıkan kek de bünyesinde yağ bulundurmaktadır. Presler çekirdek içinin bünyesindeki yağın ortalama %60'ını alır. Kalan yağ ise ekstraksiyon ünitesine gönderilerek hekzan ile alınır. Kek ekstraksiyon çıkışında %1'den daha az yağ içerir ve küspe olarak satılır. Hekzan ile alınan yağ damıtma kolonundan geçirilerek hekzandan ayrıştırılır. Pres ve ekstraksiyon ünitesinden alınan ham yağlar tanklara aktarılır.

2.4. Bitkisel Yağlarda Rafine Aşamaları

Üretilen ham yağ, yemeklik yağa çeşitli kimyasal aşamalardan geçirilerek dönüştürülür. Ham yağın içerisinde bulunan serbest yağ asitleri, mumsu maddeler ve fosfolipitler kimyasal maddeler aracılığı ile yağın bünyesinden alınarak insanlar için

tüketilebilir yapıya dönüştürülür. Yağ rafinasyonu temel olarak dört aşamada tamamlanır.

2.4.1. Nötralizasyon

Serbest yağ asidi, ayçekirdeği tohumun olgunlaşma evresindeki şartlar, hasadın gecikmesi ve pres ünitesindeki nem ve sıcaklık gibi etkenlerle artar. İnsan tüketimi için yağ asidi değerinin %0,2'yi aşmaması gerekmektedir. Nötralizasyon işleminde, ham yağda bulunan yağ asitleriyle birlikte tortu ve istenmeyen diğer maddelerin yağdan uzaklaştırılması sağlanır. İlk aşamada, yağ fosforik asit ile karıştırılarak yağda istenmeyen maddelerin suda çözülebilir hale getirilmesi sağlanır. Daha sonra kostik kullanılarak yağ nötrleştirilir ve serbest yağ asitleri oranı yaklaşık olarak %0,2'ye düşürülür. Yağda istenmeyen asit ve tortu ise, fosforik asit ve kostik ile karıştırılarak sabun yapımında kullanılan 'soap stock' haline getirilir. Fosforik asit ve kostik ile tepkime sonrası oluşan maddeler separatörde yoğunluk farkı kullanılarak ortamdaki ayrılır. Yağda kalan sabunun uzaklaştırılması amacıyla su ile yıkama yapılır. Separatörden çıkan yağ, düşük basınç altında kurutulur. Serbest yağ asidi, sabun ve peroksit değerleri kontrol edilen yağ, ağartma kademesine gönderilir.

2.4.2. Vinterizasyon

Nötralizasyon aşamasında nötrlenen ve rengi açılan yağlar, kompleks maddeler içermektedir ve bu maddeler düşük sıcaklıklarda (0-10 °C) çökme eğilimi gösterirler. İşlenen ham yağa göre farklılık göstermekle birlikte vaks, stearin ve yüksek erime noktasına sahip doymuş gliseridler düşük sıcaklıklarda çökme eğilimindedir. Bu maddelerin giderilmesi vinterizasyon süreci ile gerçekleştirilmektedir. Vinterizasyon aşamasında (0-10 °C) düşürülen yağa perlit verilerek dinlendirilmeye alınır. Perlit doymuş gliseridleri bünyesine alarak şişer. Doymuş gliseridleri bünyesinde tutan perlit filtre yüzeyinde kalarak ayrışır.

2.4.3. Deoderizasyon

Aldehitler, ketonlar, serbest yağ asitleri, oksidatif ürünler gibi yağda hoş olmayan tat ve kokulara neden olan maddeler, düşük basınçta ısı ile parçalanarak, kuru buhar aracılığıyla yağdan uzaklaştırılır. Deodorize adı verilen son rafinasyon aşamasında ortalama 200-240°C sıcaklıkta yağ kaynatılarak istenmeyen tat ve kokuya sebep olan maddeler giderilir. Deoderize ünitesi çıkışında, yağ sıcaklığı 23-24°C'ye düşürülerek bez filtrelerden basınçla geçirilerek olası yabancı maddelerden arındırılır ve tanklara aktarılır.

2.4.4. Ağartma

Bitkisel yağlara renk veren temel madde klorofildir. Uygun koşullarda depolanmayan tohumlardan elde edilen yağlarda doğal renk maddeleriyle birlikte oksidatif reaksiyonlar sonucunda oluşan renk veren bileşikler de bulunmaktadır. Bu bileşikler yağların ağartılmasını zorlaştırmaktadır. Ağartma işleminde yağa renk veren maddeler adsorpsiyon ile uzaklaştırılır. Nötrleştirilen yağ, ağartma toprağı ile karıştırılır. Fosfalipitler, oksidasyon ürünleri ve sabun kalıntıları adsorbent maddeye tutundurulur. Yağda renk veren maddeler ağartma toprağı ile tutulur. Bu işlemin ardından, filtreler kullanılarak ağartma toprağı yağdan ayrılır.

2.5. Yağlarda Renk Oluşumu

Yağda sarıdan kırmızıya kadar farklı renk veren maddeler lipokromlardır. Ham yağ üretimi sırasında preslerden alınan ham yağ ve ekstraksiyon ile alınan yağın rengi farklıdır. Ekstraksiyon sonrası alınan ham yağın rengi daha koyudur ve daha fazla koku içermektedir. Yağda rengini veren pigmentler çözünerek kolloidal bir yapı oluştururlar. Yağda çözünmeyen ve kolloid halde bulunan pigmentlerin yağdan uzaklaştırılması iki adımda gerçekleştirilmektedir, ilk adım kolloid durumunun kırılması renk veren maddelerin çökebilir hale getirilmesidir, ikinci adım ise çökelti haline getirilen maddelerin yağdan uzaklaştırılmasıdır. (Topallar, 1998).

2.6. Yağlarda Renk Açma

Ağartma işlemindeki hedef, renk pigmentlerinin toprağın yüzeyine alınarak yağdan uzaklaştırılmasıdır. Yağda bulunan sterol ve esterleri, fosfolipitler, klorofiller, mumsu yapılar uzaklaştırılır. Bu işlemin amacı yağın rafine edilmesi, depolanması ve bekletilmesi esnasında karbonil bileşikleriyle tepkimelere girmesinin önüne geçilmesidir. Bu tepkimeler, renk, koku, tat değişimlerine neden olmaktadır. Ağartma işleminde yağa renk veren karotenlerin de yağdan ayrılması hedeflenir. Karotenoid bitkiler ve bazı fotosentetik mikroorganizmalarda bulunan karotenler, yağa kırmızı renk veren biyolojik pigmentlerdir.

Yağlarda bulunan renk verici maddeler;

- Karotenler
- Suda çözünen antosiyanin
- Gossypol

Isınma kaynaklı oksidatif bileşikler ve bu bozunmalardan kaynaklı oluşacak bileşikler;

- Melanoidin
- Gossypol oksidasyonu
- Oksi, poli – ketoasiter ‘ dir.

Ağartma işleminde kullanılan ağartma topraklarına yardımcı olarak kullanılan aktif karbon yüksek adsorbsiyon kapasitesine sahip olduğu için ağartma işleminde oldukça etkilidir. Aktif karbon kullanımının dezavantajı ise renk açmada olumlu etki göstermesine rağmen yağ kaybına sebep olmasıdır. Aktif karbon kullanımı rafine işlemindeki fire oranını arttırarak verimliliği düşürmektedir, bu sebeple aşırı kullanımından kaçınılmalıdır. Ağartma işlemini etkileyen temel faktörler şunlardır;

- Yağ çeşidi ve renk değeri
- Vakum

- Zaman
- Sıcaklık
- Adsorbent çeşidi

Ağartma toprakları, aktifleştirme yöntemlerine bağlı olarak değişik oranlarda mineraller içerir. Asit kalıntı oranı yüksek olan adsorbentler doğal olarak daha etkilidir.

2.7. Ağartma Toprağının Yağ Sektöründeki İşlevi

Ağartma işlemi rafineri ünitesinde nötralizasyon sonrası yapılır. Ağartma sürecinde, ticari bentonit killer kullanılmaktadır. Türkiye’de bentonit kaynakları bulunmasına rağmen, ağartma işleminde ithal killer kullanılmaktadır. Ağartma topraklarında istenilen temel özellikler şunlardır;

- Yağdaki peroksit oranının düşürülmesi
- Ağır metallerin tutulması (İpekoğlu ve ark., 1997).
- Serbest yağ asitliğinin artışının önlenmesi
- Sabun oluşumunu engellemesi
- Renk pigmentlerini (klorofil, karbonlar vb.) yüksek adsorplama yeteneği

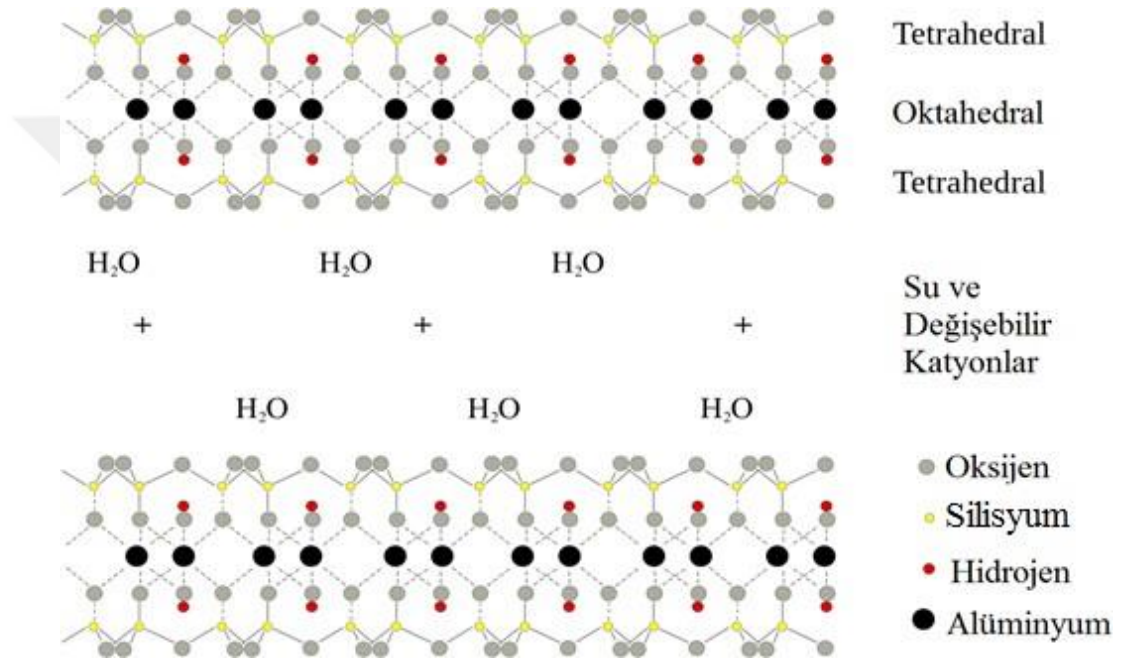
Ağartma işleminde asıl hedeflenen renk pigmentlerinin adsorplanarak yağdan uzaklaştırılmasıdır. Ağartma, kimyasal bir süreçtir. (Ertürk ,1999). Ağartma işlemi temel olarak bentonit killerle yapılırken, ek olarak aktif karbon da kullanılmaktadır. Fakat aktif karbon maliyeti killere göre çok yüksek olduğu ve yüksek fireye neden olduğu için ek olarak kullanılmaktadır. (Lin ve ark., 2009).

2.8. Killerin Genel Özellikleri

Killer, Avrupa ve Asya’da ilk olarak çömlek, seramik gibi malzemelerin yapımında kullanılmıştır. Günümüzde halen endüstriyel üretim yapan birçok sektör killeri hammadde olarak kullanılmaktadır. Seramik, demir, ilaç, boya, kâğıt ve yağ gibi sektörlerde aktif olarak kullanılmaktadır. Adsorbent, renk giderici, iyon değiştirici,

yalıtım malzemesi ve katalizör desteği olarak killeri kullanılmaktadır. Killerin organik ve inorganik bileşiminin, yapısının ve su tutma kapasitelerinin belirlenmesi zirai olarak önemli bir konudur (Tomul, 2000).

Üretim ve tüketimdeki hızlı artışın beraberinde getirdiği sorunlar, diğer sektörlerde olduğu gibi kil sektöründe de yeni araştırma ve uygulama alanlarının sektörel olarak incelenmesini gerektirmektedir.



Şekil 2.2. Kil minerali yapısı

Kil minerallerinin genel yapısı silika, alümina ve su ile oluşan silikatlardır. Ayrıca içeriğinde demir, alkali ve toprak alkalilerini de barındırırlar.

Killer genel olarak 6 grupta incelenir (Anonim , 2001a);

- Kaolin
- Bağlama kili
- Şamot
- Bentonit

- Fuller toprağı
- Diğer Killer

Çalışmamızda, bitkisel yağ üretim sürecinin önemli bir basamağı olan ağartma işleminde bentonitlerin kullanma sebebi ağartma özelliğinin yüksek olmasıdır. Bentonitler suyla birleştğinde hacmini arttırarak geniş yüzey alanına sahip olurlar. Yüksek ısı duyarlılığa ulaşırlar. Yüksek iyon değışim kapasitesine sahip oldukları için kolay aktifleşirler. Ayrıca, bentonitler diğer killere göre daha ekonomiktir. Ülkemizdeki bentonit rezervleri, dünya bentonit rezervlerine göre oldukça yüksektir.

2.9. Ağartma Toprağı Tarihçesi

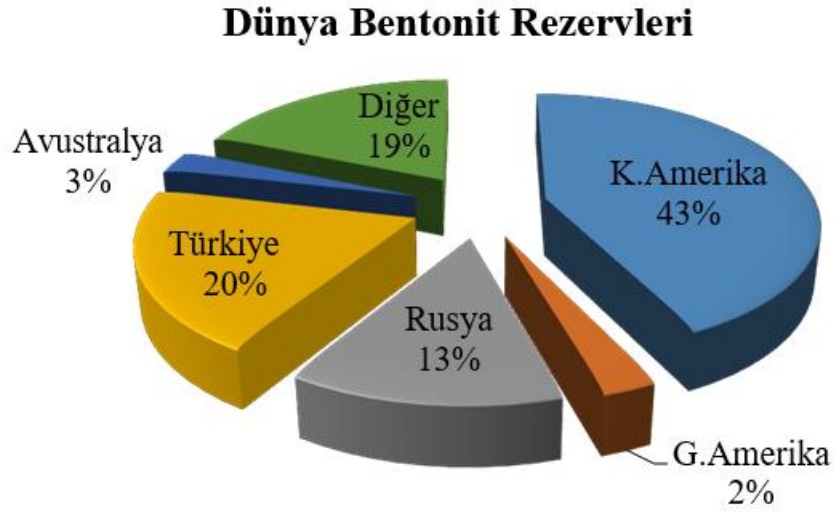
Bentonitlerin çok uzun yıllar öncesine dayanan geçmişı vardır. Tarihsel kullanım süreci;

- 1968 'de İngiltere'de parafin arıtılması, bitkisel ve hayvansal yağların arıtılması
- 1880'de ABD'de yağların kısmen arıtılması ve renginin açılması
- 1901'de delme çamuru olarak tünellerde
- 1906'da Almanya ağartma topraklarını çeşitli asitlerle aktifleştirmiştir.
- 1920'den sonra döküm sanayinde kalıp kumlarını yapıştırmak için kullanıldı.
- Kâğıt üretimi, su arıtma, yem, yumuşatıcı, yağ emici, kalınlaştırıcı gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır.

2.9.1. Dünyada ağartma toprağı

Dünya bentonit rezervi yaklaşık 1.800 milyar tondur. ABD, Japonya, Yunanistan, Kıbrıs Adası, İtalya, Almanya, İngiltere, İspanya ve Bulgaristan dünyanın en önemli ağartma toprağı rezervlerine sahiptir. Milos adası (Yunanistan), Kıbrıs ve Sardunya Adası (İtalya), coğrafi konumlarının deniz yolu ile taşımacılığa elverişli olması nedeniyle önemli avantajlara sahiptir (İpekoğlu ve ark., 1997).

Bentonit ve ağartma toprağının dünyadaki yıllık üretimi (2001 yılı itibariyle) yaklaşık 14 milyon tondur. Bu üretimin %40'ı sondaj çamuru, %30'u döküm sanayi, %15'i ağartma toprağı ve %15'i diğere alanlarda kullanılmaktadır. Yunanistan'ın senelik bentonit üretimi ve satışı 1 milyon tonu aşmaktadır. Dünyanın en büyük bentonit üreticisi olan ABD'nin ise senelik üretimi 4 milyon tonun üzerindedir (Anonim, 2001b). Ülkemizdeki yıllık (2008 yılı itibariyle) bentonit üretim miktarı ise yaklaşık 1.6 milyon tondur. (Anonim, 2010).



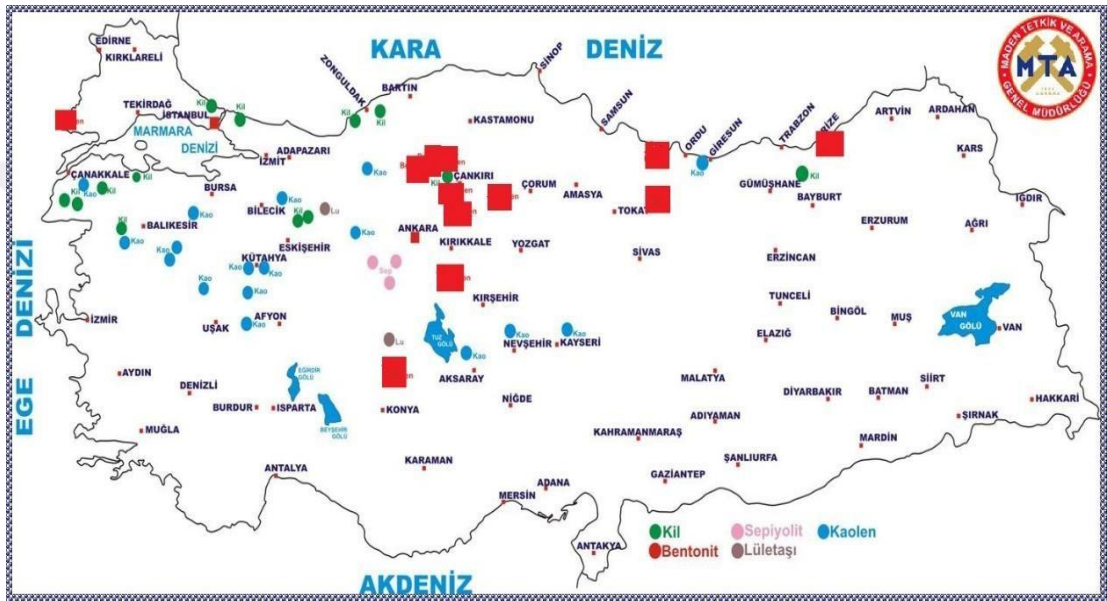
Şekil 2.3. Dünya bentonit rezervleri (Anonim, 2001c)

Türkiye'de yemeklik yağ üretimi yapan firmalar genellikle Almanya'dan ithal edilen TONSİL adındaki ağartma toprağını kullanmaktadır. İngiltere, İspanya, Yunanistan ve Almanya'nın rezervleri gün geçtikte azalmaktadır. Yakın gelecekte ülkemiz başta olmak üzere Azerbaycan, Hindistan ve Kazakistan'daki madenlerin değerlendirilmesi ve işletilmeye başlanması beklenmektedir (İpekoğlu ve ark., 1997).

2.9.2. Ülkemizde ağartma toprağı

Gerek ülkemizde gerekse dünyada, sodyum bentonit'in sınırlı bir rezervi olması nedeniyle büyük rezervleri bulunan ara tip ve kalsiyum bentonitlerin değerlendirilmesi bir zorunluluk haline gelmektedir. Fakat bu ara tip ve kalsiyum

bentonit türlerinin verimli bir şekilde kullanılabilmesi için geliştirilmesi gerekmektedir (Çinku ve ark., 2010). Ülkemiz için bentonit yatakları Harita 2.9'da bölgelere göre bentonit rezerv miktarları ise Çizelge 2.9'da verilmiştir. Bu killer genellikle yapılarında yüksek miktarda montmorillonit bulunan, yumuşak koloidal özellikteki alüminyum hidrosilikattır. Bentonit, asit ile aktifleştirilebilen, su ile şişebilen ve geniş yüzey alanına sahip bir kildir (Demirel ve ark., 1995).



Harita 2.1. Türkiye bentonit yatakları (Anonim, 2016b)

Bentonit bünyesinin %80'i montmorillonitlerden oluşur. Montmorillonit minerali bentonitin akma ve şekil değiştirme karakterini belirler. Bentonitler alüminyum, magnezyum içeriği yüksek volkanik lavların kimyasal olarak ayrışması ile oluşur. Kolay şekillenebilen gözenekli yapısı olan silis yapılarıdır. Karakteristik özellikleri şunlardır;

- Yüksek iyon değişimine müsaittir (Anonim, 2016c)
- Yüzey alanı geniştir (~750 m²/g)
- Hacmini genişletebilir
- Su ile jelleşir, karıştırılınca sıvı fazda kalır
- Su ile viskozitesi artar
- Baskı ile şekil değiştirip kalıcı değişimler geçirebilir

Tokat Reşadiye, Biga Yarımadası, Gelibolu Yarımadası, Eskişehir, Ankara, Çankırı, Ordu, Trabzon ve Malatya bölgelerinde bentonit bulunmaktadır. Bentonit birçok alanda yaygın olarak kullanılan bir hammaddedir (Anonim, 2016d). Bunlar;

- Döküm kumları
- Kâğıt sanayi
- Demirin işlenmesi
- Gıda sanayi
- Boya sanayi
- Seramik Sanayi
- İlaç sanayi

Çizelge 2.2. Türkiye bentonit rezervi (Anonim, 2001d)

Yer	Rezervi (ton)	Kalite /Tenör
Ankara-Kalecik-Hançılı	19 000 000 (1+2)	iyi
Ankara-Keskin-Besler	240 000 (1+2)	iyi
Artvin-Derinköy	800 000	
Çankırı-Çerkeş-Bayındır	43 000 (1+2)	iyi
Çankırı-Eldivan-Küçük Hacıbey Köyü	300 000 (1+2)	iyi
Çankırı-Eldivan-Büyük Hacıbey Köyü	100 000 (1+2)	iyi
Çankırı-İlgaz-Kızılibrik	200 000 (1+2)	iyi
Çankırı-Eskipazar-Başpınar	800 000 (T)	iyi

Çorum-Sungurlu-Mecitözü	400 000 (1+2)	iyi
Edirne-Enez	50 000 000 (1+2)	iyi
Giresun-Tirebolu	4 000 000 (1+2)	kötü
İstanbul-Şile-Kızılcaaköy- Çamaşırdere	180 000 (3)	
Konya-Sağlık	2 400 000 (1+2)	
Konya-Sille	24 000 (1+2)	
Ordu-Fatsa-Ünye	2 564 000 (3)	
Tokat-Reşadiye-Akdoğan- Kaspınar	200 000 000	
Trabzon-Araklı-Arsin-Yolüstü	60 000 (2)	iyi
Toplam Bentonit Rezervi (R)	200 000	

2.10. Kaynak Araştırması

Önen ve Gökay tarafından yapılmış bir çalışmada, fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle gün geçtikçe önem kazanan sepiyolit mineralinin ayçiçek yağı ağartma özellikleri incelenmiştir. Çalışmada ayrıca aynı şartlar altında tonsil kullanılarak ağartma verimi açısından sepiyolit ile kıyaslanmıştır. Deneysel olarak iki farklı ağartma sıcaklığı (90 ve 100 °C), dört farklı ağartma süresi (15, 30, 45 ve 60 dk.) ve 7 farklı yağ/kil oranı (%0,5; 0,65; 0,8; 0,95; 1,1; 1,25 ve 1,4) incelenmiştir. Kalite parametresi olarak ağartılmış yağın rengi ve %FFA (serbest yağ asidi) değeri incelenmiştir. Çalışmalarında, ham sepiyolit ve tonsil'in benzer ağartma verimi sağlamasına rağmen sepiyolit'in adsorbsiyon hızının tonsil'e göre daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca sepiyolit kullanıldığında, ağartma süresinin ve toprak oranının arttırılmasının yağın %FFA değerini azalttığını, tonsil kullanıldığında ise belirli bir süre ve toprak oranına ulaşıldıktan sonra %FFA değerlerinin tekrar artma eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir (Önen ve Gökay 2006).

Ertürk (1999), Gümüşhane bölgesinden alınan killi toprağın ağartma toprağı olarak kullanılması ve aktifleştirilmesi üzerine çalışmıştır. Elde edilen sonuçlar, ithal ticari ağartma toprağının aktivitesiyle karşılaştırılmıştır. Çalışmada, toprağın yağ içindeki konsantrasyonunun, ağartma süresinin ve ağartma sıcaklığının ağartma verimi üzerindeki etkileri incelemiştir. Aktifleştirilmiş Gümüşhane toprağının ayçiçek yağı üzerindeki ağartma potansiyeli değerlendirilmiştir. Kalite ölçütleri olarak, yağın rengi, serbest asit miktarı, peroksit değerleri seçilmiştir. Kilin aktifleştirilmesi, 95 °C'de 1 M hidroklorik asit ile 90 dakikada yapılmıştır. Hedeflenen renk ve serbest

asit değerlerine, Gümüşhane toprağının 90 °C’de, %1-2,5 toprak konsantrasyonu (ağırlıkça) ve 15-60 dakika ağartma süresi kullanılarak ulaşılmıştır.

Bir diğer çalışmada, farklı ticari ağartma topraklarıyla asitliği giderilmiş ayıeği yağından rengin uzaklaştırılması incelenmiştir. Yağın rengine, oksidasyon derecesine, klorofil ve karoten konsantrasyonuna; zamanın, sıcaklığın ve ağartma toprağı miktarının etkileri araştırılmıştır. Renk değişimleri Langmuir ve Freundlich denklemleri kullanılarak, adsorpsiyon izotermi yardımıyla açıklanmıştır. Ağartma işleminde kullanılan ağartma toprağı miktarı arttıkça rengin azaldığı gözlenmiştir. Ağartma toprağı miktarının oksidasyon üzerindeki etkisinin karmaşık olduğu ve hem birincil hem de ikincil oksidasyon ürünlerine bağlı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca sıcaklığın artmasının klorofil ve karoten adsorpsiyonu üzerinde azaltıcı etkiye sahip olduğunu rapor etmişlerdir (Kaynak ve ark, 2004).

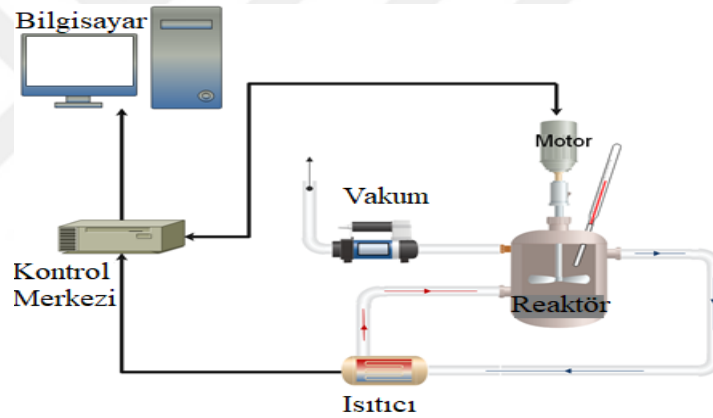
Toprakezer (2009), ağartma toprakları ile renk giderme işleminin vakum altında yapılmasının yeni oksidasyon ürünlerinin oluşumunu engellediğini ve daha önce oluşmuş ürünlerin adsorbentler tarafından uzaklaştırıldığı için elde edilen yağ renginin daha düşük olduğunu, ayrıca yağın peroksit değerinin çok daha düşük olduğunu belirtmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu alışmada, Clariant Int. Ltd. şirketinden alınan ağartma toprakları kullanıldı. 114 F ve 278 F, sırasıyla soya fasulyesi ve ayıeği yağının ağartılmasında kullanılmıştır. Üretici tarafından tedarik edilen toprakların ortalama kimyasal bileşimi izelge 3.1’de gösterilmektedir. Ağartma toprağını karakterize etmek için XRD ve BET teknikleri kullanılmıştır. DÍA BAKLİYAT A.ř. firmasından nötralizasyon çıkışından alınan ham soya yağı ve ham ayıek yağı temin edilmiştir.

Çizelge 3.1 Toprakların ortalama kimyasal bileşimi

BİLEŞEN	114 F	278 F
SiO ₂	%69,3	%59,1
Al ₂ O ₃	%14	%6,1
Fe ₂ O ₃	%3,3	%2,2
Al ₂ O ₃	%0,9	%0,9
CaO	%2	%19,3
MgO	%0,6	%0,2
Na ₂ O	%1,7	%0,9
K ₂ O	-	%0,2
Kızdırma kaybı	%7,2	%11,2



Şekil 3.1. Ağartma işlemi deney düzeneği

Deneyle, 150 mmHg ölçüm basıncı altında, 150 rpm sabit karıştırma hızında, 500 ml'lik bir reaktör içinde gerçekleştirilmiştir. Her deney için 100 g yağ örneği kullanıldı. Olası dökülmeleri ve sızıntıları önlemek için vakumdan önce bir tuzak ve kondansatör yerleştirildi. Deneylede, ağartma toprağı ağartılacak olan numunenin ağırlığına göre %0.5 ile %4 arasında değişen oranlarda kullanılmıştır. Ağartma süresi 30 ile 120 dakika aralığındadır. Ağartma toprağı 114 F ve ağartma toprağı 278 F sırasıyla soya fasulyesi ve ayçiçeğı yağlarının ağartılmasında kullanılmıştır. Sıcaklık, bir PID kontrol cihazı ile 110 °C'de sabit tutuldu. Şekil 3.1, ağartma işlemi için deney düzeneğinin şemasını göstermektedir. Deneyleden önce ve sonra, numunelerin rengi Lovibond PFXi-995 kolorimetre ile analiz edilirken, asit ve peroksit sayısı sırasıyla ASTM D5555-95 ve EN ISO 3960'a göre belirlendi. Soya ve Ayçiçek yağı

için parametrik deney hesaplamaları gerçekleştirilmiş. Çizelge 3.2’de reaktöre konulan toprak miktarı ve reaktörde kalma süreleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Reaktörde kullanılan toprak miktarları ve reaktörde kalma süreleri

Deney No	Süre (dk)	Toprak miktarı (gr)
1	30	0,5
2	90	2
3	30	4
4	120	0,5
5	30	2
6	90	0,5
7	30	1
8	60	0,5
9	120	1
10	60	1
11	90	4
12	60	4
13	90	1
14	120	2
15	60	2
16	120	4

Nötralize ünitesinden çıkan ham ayçiçek ve soya yağları belirlenen sürelerde 30, 60, 90, 120 dk boyunca içerisine Çizelge 3.2 ‘de miktarlar 0,5;1; 2; 4 gr toprak eklenir. Vakum başlatılarak 600 mmHg gelindiği zaman ısıtıcı açılır. Çizelgede belirtilen süreye ulaşıldığında analiz sonlandırılarak renk analizine gönderilir.

3.1. Bet Analizi

Bet cihazı, katı haldeki veya toz halindeki analiz yapılacak numunelerde fiziksel adsorpsiyon yöntemiyle mikro, mezo ve makro gözenek boyutunu ve gözenek boyut dağılımını düşük basınç ve yüksek çözünürlükte tespit ederek ölçer. Deney öncesinde numuneler saflaştırma ve sudan arıtma işlemi için vakumlu ısıtma yapan (300 °C’ye kadar) degas ünitesine yerleştirilmektedir. Numuneler sıvı azot sıcaklığında adsorbat olarak kullanılan azot gazıyla analize tabi tutulmaktadır. Bu analizler sonucunda

numunenin hangi basınçta ne kadar azot tuttuğunu gösteren “adsorpsiyon izotermi” elde edilmektedir. Adsorpsiyon izotermi ortaya çıktıktan sonra katıların Yüzey Alanı (Tek veya Çok Noktalı), Mikro gözenek Boyut Dağılımı (0.5-2 nm), Mezo gözenek Boyut Dağılımı (2 -50 nm), Toplam Gözenek Hacmi, Ortalama Gözenek Boyutu gibi parametreleri hesaplanabilmektedir.

3.2. Bitkisel Yağlarda Ağartma

Deneyde kullanılan parametreler ile buna bağlı olan toprak ve reaksiyon süreleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Deney 500 ml lik cam reaktörde 150 mmHg basınç altında 150 rpm sabit hızda gerçekleştirilmiştir. Vakum öncesi cihaz güvenliği için tuzaklama ve kondenser yerleştirilmiştir. Sıcaklık kontrolü PID kontrol edici ile sağlanmıştır. Deney önce ve sonrasındaki renk değerleri Lovibond PFXi-995 colorimeter cihazı ile, serbest yağ asitliği ASTM D5555-95 standartlarına göre peroksit sayısı da TS EN ISO 3960’a göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Renk analizi

Renk analizi rafineride işlenen yağ için ağartma ve deodorize kısımlarında yapılan bir analiz türüdür. Renkte önemli olan kırmızılıktır ve kırmızılığın 0-1,3 aralığında olunması istenir. Renk analizi için yağ örneği alınır.

Daha önce hekzan ile temizlenmiş olan küvete yağ numunesi konur. Daha sonra küvet renk cihazına konularak içindeki renk miktarı okunur. Kolorimetri, renk ölçülmesi esasına dayanan miktar tayin yöntemidir. Konsantrasyonu bilinmeyen renkli bir maddenin konsantrasyonunun aynı maddenin konsantrasyonu bilinen bir sıra çözeltilisiyle karşılaştırılıp tayin edilmesine kolorimetrik analiz, bu amaçla kullanılan alete de kolorimetre denir.

3.2.2. Serbest yağ asidi tayini

Bir yağın ihtiva ettiği serbest yağ asitlerinin ağırlıkça yüzdesidir. İşlem aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir.

Likit yağdan 10 gr (0,01 gr duyarlılıkta) veya 11 cc numune 250 cc'lik bir erlene alınır. Üzerine nötrleştirilmiş alkolden 50 cc konur. Bir iki damla fenol ftaleyn indikatörü ilave edilir. 0,1 N NaOH çözeltisi ile belirtecin dönüm noktasına kadar (fenol ftaleyn pembe renginin en az 10 sn. kararlı halde kaldığı) titre edilir. Titrasyon sırasında erlen sürekli çalkalanarak çözelti karıştırılmalıdır. %FFA ;

$$\%FFA = (V / m) \times 0,028 \times 100$$

Bağıntısı ile hesaplanır. Burada ;

V: Titrasyonda harcanan sarfiyat (mL)

M: analiz için alınan yağın gram cinsinden ağırlığı

0,028: harcanan 1 ml titrant için 0,028 gr oleik asitin eş değeridir.

3.2.3. Peroksit sayısı analizi

Peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsü olup 1 kg. yağda bulunan aktif oksijenin milieşdeğer olarak ifadesidir. Bütün sıvı yağlara uygulanabilir.

Doymuş KI çözeltisi; Günlük olarak her vardiyada hazırlanır, bir miktar saf suya KI eklenir, iyice eritilir, kullanılmadan evvel çözelti içinde KI kristallerinin varlığı gözlenmelidir. Kullanılmadığı zaman karanlıkta muhafaza edilmelidir.

Doymuş KI çözeltisinin tazeliğinin kontrolü; 0,5 ml KI çözeltisine 30 ml asetik asit/kloroform çözeltisi ile 2 damla nişasta ilave edilir. Oluşan mavi rengi yok etmek için 1 damladan fazla 0,1N Na₂S₂O₃ kullanmak gerekiyorsa KI çözeltisi iptal edilir.

Nişasta çözeltisi(%1 lik); 1 gr. nişastayı 100 ml distile suda çöz ve 3 dakika kaynatılıp oda sıcaklığında soğutulur.

0,01N Na₂S₂O₃ çözeltisi; 0.1 N'lik titrisolden hazırlanan Na₂S₂O₃ çözeltisinden 1/10 oranında seyreltilerek hazırlanır.

0,002 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ çözeltisi; 0,1 N lik titrisolden hazırlanan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ çözeltisinden 1/50 oranında seyreltilerek hazırlanır.

Çizelge 3.3'e bakarak numunedeki peroksit sayısı belirlenir ve hassas terazide erlen içinde yağ numunesini tartılır. Hemen ağzını kapatılır. Üzerine 10 ml kloroform, 15 ml asetik asit ve 1 ml doymuş potasyum iyodür çözeltisi koyulur, ağzını kapatılıp ve 5dk. karanlık dolapta bekletilir. 5 dk. sonra dolaptan çıkartılır, üzerine 75 ml saf su ve 1-2 damla nişasta çözeltisi eklenir. Renk kararması olmazsa peroksit sayısı sıfırdır. Renk kararması olur ise; Peroksit sayısı 12,5 nin altında bekleniyorsa 0,002 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ çözeltisi ile mikro büretten titre et ve sarfiyatı okunur. Peroksit sayısı 12,5 nin üzerinde bekleniyorsa 0,01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ çözeltisi ile mikro büretten titre edilir ve sarfiyatı okunur. Peroksit sayısı;

Eğer 0,002 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ çözeltisi ile titrasyon yapılıyorsa;

$$\text{Peroksit sayısı} = (V \times 2) / M$$

Eğer 0,01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ çözeltisi ile titrasyon yapılıyorsa;

$$\text{Peroksit Sayısı} = (V \times 10) / M$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada;

V : Titrasyonda harcanan 0,002 N veya 0,01 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ çözeltisi (ml)

M =Numunenin ağırlığı,(gr.)

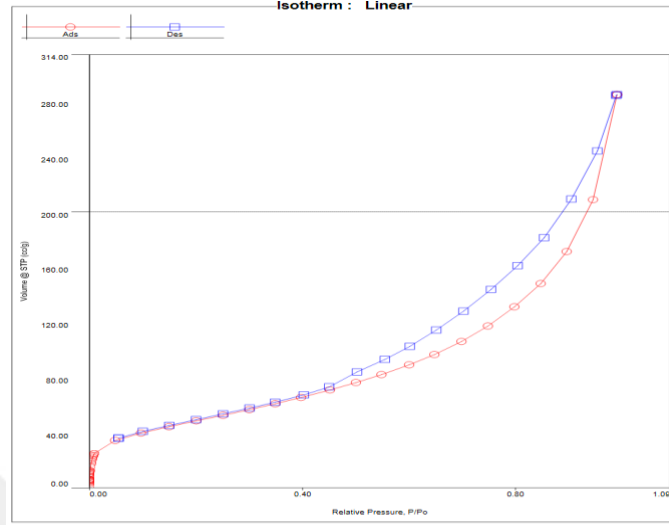
Çizelge 3.3. Beklenen peroksit sayısına göre alınacak numune miktarı (gr)

Beklenen Peroksit Sayısı	Alınacak Numune Miktarı(gr)
5 e kadar	2,0
5-10	1,6
11-15	1,4
16-20	1,2
21-30	1,0

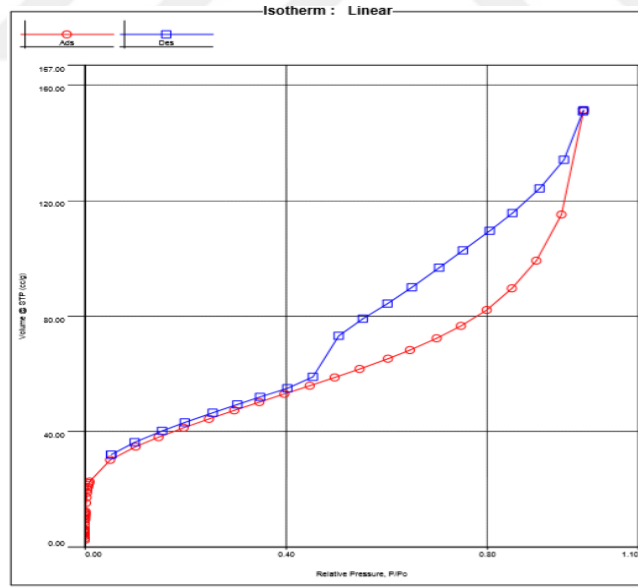


4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Yüzey Alanı Ölçüm (BET) Analizi Sonuçları



Şekil 4.1. 114 F toprağının sonuçları



Şekil 4.2. 278 F toprağının Sonuçları

BET yüzey alanı ölçümleri ve tam adsorpsiyon-desorpsiyon izotermi, Quantachrome / iQ-chemi azot gazı kullanılarak elde edildi. Kullanılan ağartma toprağının BET adsorpsiyon-desorpsiyon izotermi 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. BET analizine göre, 111 F ve 278 F’in yüzey alanları sırasıyla $179.413 \text{ m}^2 / \text{g}$ ve 149.229

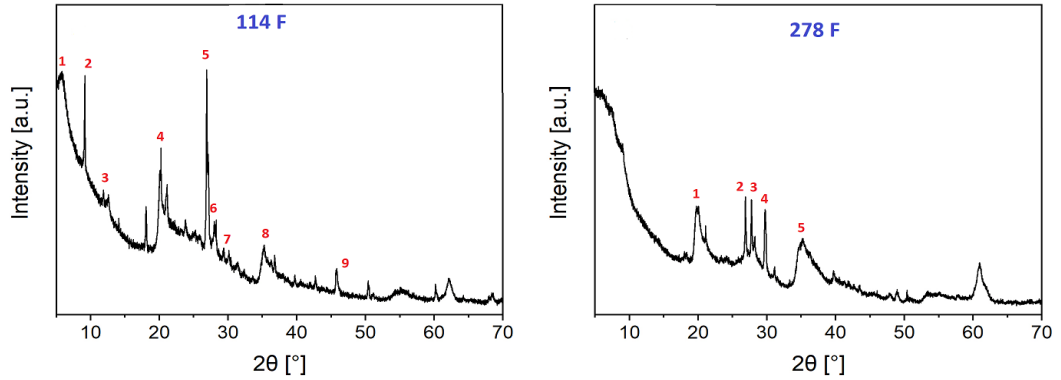
m² / g olarak belirlenmiştir. 114 F toprağının Ortalama gözenek yarıçapı: 4.913e + 01Å , 278 F toprağının Ortalama gözenek yarıçapı: 3.138e + 01Å olarak ölçülmüştür.Ölçümde :

$$\frac{x}{(1-x)V} = \frac{1}{CVm} + \frac{C-1}{CVm}$$

Eşitlik 4.1. Ağartma toprakları gözenek yarıçapı hesaplama formülü

Buradaki V ve V_m, sırasıyla x nispi basınçta adsorpsiyon hacmi ve doymuş adsorpsiyon hacmindedir. C, adsorpsiyon ve yoğuşma ısıtıcıları ile ilişkili sabittir. X değerleri ve x / (1-x) V, nispi basınç (x) 0,05 ila 0,35 aralığında lineer olduğundan, 111 f ve 278 f ağartma toprakları için gözenek çapı, V_m hesaplanarak 49,13 nm ve 31,38 nm olarak hesaplandı. Eğimden C ve sırasıyla Denk. Adsorpsiyon izotermelerinin 18 sınıflamasına göre, 114 f ağartma toprağı, h3 tipi histerezis gösterir; bu, ağartma toprağının açık uçlu olduğu ve düzensiz intragranüler gözeneklere sahip olduğu anlamına gelir. Benzer şekilde, 278 f ağartma toprağı ayrıca açık uçludur ve düzensiz intragranüler gözeneklere sahiptir ancak daha geniş açılıdır, kama şeklindedir.

4.2. XRD Grafikleri



Şekil 4.3 Ağartma topraklarının XRD grafikleri

Çizelge 4.1. Xrd grafiğindeki piklerin isimleri

114 F toprağı	278 F toprağı XRD
---------------	-------------------

XRD grafiği	grafiği
1-İllite	1-İllite
2-Simektite	2-Dolamite
3-Antopillit	3-K-Felspat (Albit)
4-İllite	4-İllite
5-Quartz	5-Pirit
6-Dolamite	
7-Albite	
8-Pyrite	
9-Montmorillonit	

Numunelerin X-ışını kırınım (XRD) desenleri $\text{CuK}\alpha$ ışınması kullanılarak ($\lambda=1.54 \text{ \AA}$) 40 kV ve 20 mA' de, 5-70 $2\theta^\circ$ aralığında elde edilmiştir. Yapılan XRD analizinde ağartma toprağı içerisinde farklı kil minerallerinin varlığı tespit edilmiştir. XRD analizi kil minerallerinin tabakalı ya da lifli yapıda olduğunu ortaya koymuştur. Bu mineraller illite, simectite, quartz, albite, K-Feldspat, dolamite, Pyrite and Montmorillonit şeklinde belirlenmiştir. 144 F de hemen göze çarpan kuvvetli quartz piki görölmektedir. F 278 de ise F 144 e göre biraz daha fazla aralanmış tabakalı bir yapıya sahip olduğu tespit edilmiştir.

4.3. Ağartma Analiz Sonucu

105 °C 150 mmHg basınç ve 600 mmHg vakum basıncı altında ayçiçek ve soya yağı ağartılmıştır. Her 100 g yağ için 0,5; 1,2 ve 4 g toprak alınarak 30, 60, 90 ve 120 dk. sürelerde ağartma işlemi uygulanmıştır. Her miktar için 4 farklı sürelerde analiz yapılmıştır. Analiz sonucu ayçiçeği ve soya yağının görünümleri Resim 4.2.1 ve 4.2.2 de verilmiştir. Çizelge 4.2 ise Ağartma işlemi sonrası Renk cihazında okunan değerler verilmiştir.



Resim 4.1 Ayçiçek yağı görünümü

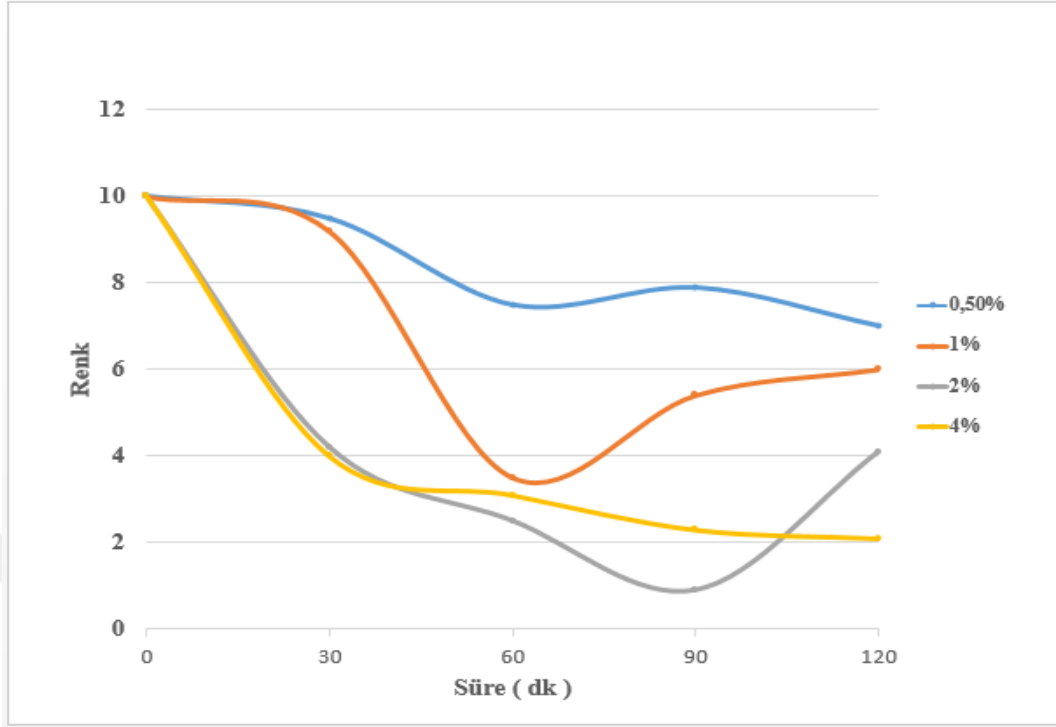


Resim 4.2. Soya yağı görünümü

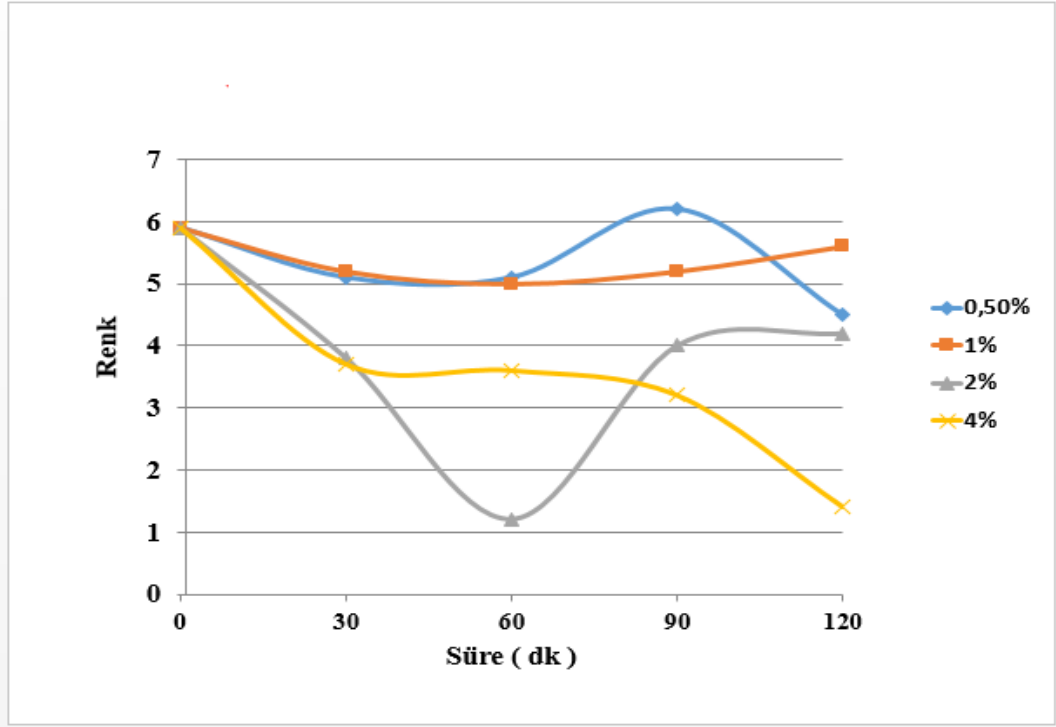
Çizelge 4.2. Ağartma işlemi sonrası renk cihazında okunan değerler

Deney No	Süre (dk)	Toprak miktarı (gr)	Renk Soya	Renk Ayçiçek
1	30	0,5	9,5	5,1
2	90	2	0,9	4
3	30	4	4	3,7
4	120	0,5	7	4,5
5	30	2	4,2	3,8
6	90	0,5	7,9	6,2
7	30	1	9,2	5,2
8	60	0,5	7,5	5,1
9	120	1	6	5,6
10	60	1	3,5	5
11	90	4	2,3	3,2
12	60	4	3,1	3,6
13	90	1	5,4	5,2
14	120	2	4,1	4,2
15	60	2	2,5	1,2
16	120	4	2,1	1,4

Çizelge 4.2’de ham ayçiçek ve ham soya yağı için eşit süre ve eşit toprak miktarında yapılan analiz sonrası renk cihazında okunan değerler verilmiştir. Soya yağı için bakıldığında toprak miktarının artmasıyla birlikte ağartma işlemi sonucuna göre renk değerleri azalmıştır. Bu azalma 60 dakikaya kadar devam etmekte ve bu süre sonunda renk değerleri bazı oranlar için artma göstermiştir. Literatürde de bahsedilen bu artmaların, ağartma işleminin doğasında bulunan enzimatik reaksiyonlar veya 3-monochloropropane-1,2-diol ester oluşumundan kaynaklanabildiği ya da bunun toprak yapısı, aktivasyonu vb. parametrelere bağlı olduğu belirtilmiştir.



Şekil 4.4 Soya yağı renk – süre – toprak miktarı



Şekil 4.5 Ayçiçek yağı renk – süre – toprak miktarı

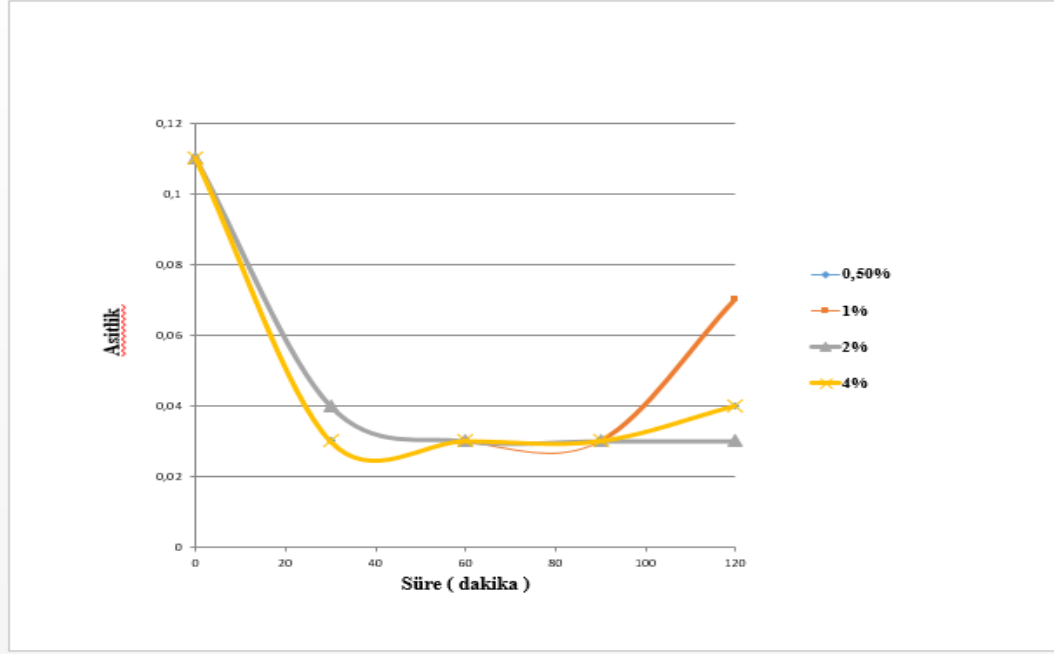
Ağartma prosesindeki beklenti, ağartma sonrası yağın renk değerinin 2 ile 4 arasında olmasıdır. Soya yağında 60. dakikada %0,5 toprak kullanılan numune hariç diğerlerinde istenilen sonuç alınmıştır. Ayçiçek yağında ise %2 ağartma toprağı kullanılan yağ 60. dakikada çok daha etkili sonuç vermiştir.

4.4. Serbest Yağ Asitliği Sonuçları

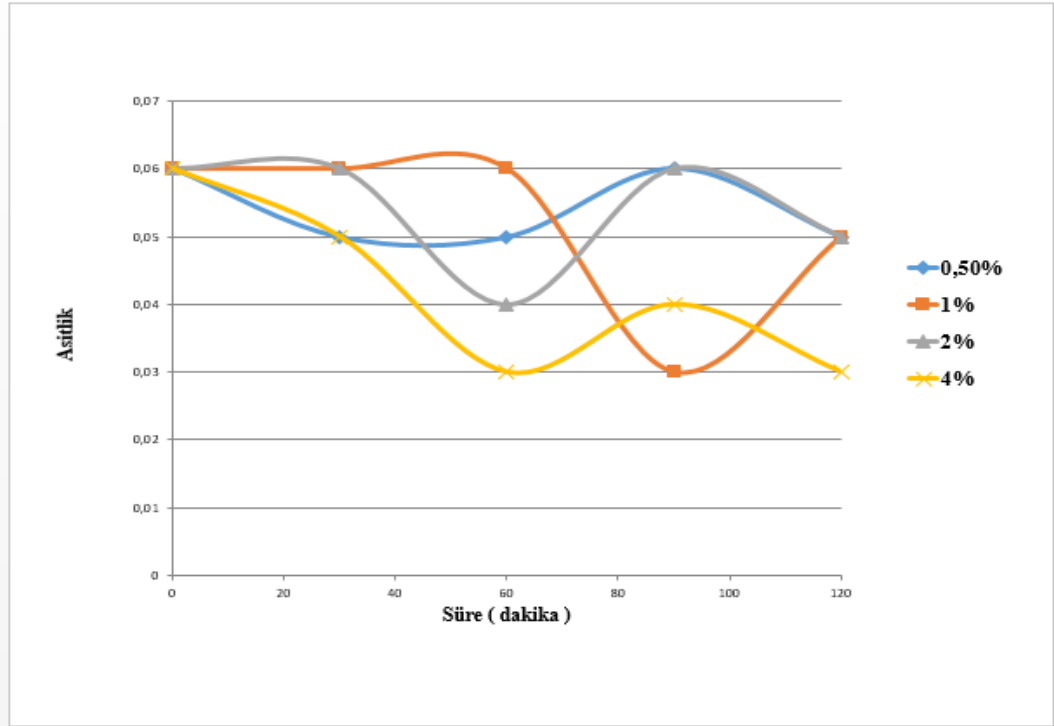
Çizelge 4.3. Ağartma işlemi sonrası serbest yağ asitliği sonuçları

Deney No	Süre (dk)	Toprak Miktarı (gr)	Soya Yağı Asitliği	Ayçiçek Yağı Asitliği
1	30	0,5	0,03	0,05
2	90	2	0,03	0,06
3	30	4	0,03	0,05
4	120	0,5	0,04	0,05
5	30	2	0,04	0,06
6	90	0,5	0,03	0,06
7	30	1	0,04	0,06
8	60	0,5	0,03	0,05
9	120	1	0,07	0,05
10	60	1	0,03	0,06
11	90	4	0,03	0,04
12	60	4	0,03	0,03
13	90	1	0,03	0,03
14	120	2	0,03	0,05
15	60	2	0,03	0,04
16	120	4	0,04	0,03

Çizelge 4.3'te ham ayçiçek ve ham soya yağı için eşit süre ve eşit toprak miktarında belirlenen sürelerde reaksiyon sonrası yağların serbest yağ asitliği analizi yapılmıştır.



Şekil 4.6. Soya yağı asitlik – süre – toprak miktarı



Şekil 4.7. Ayçiçek yağı asitlik – süre – toprak miktarı

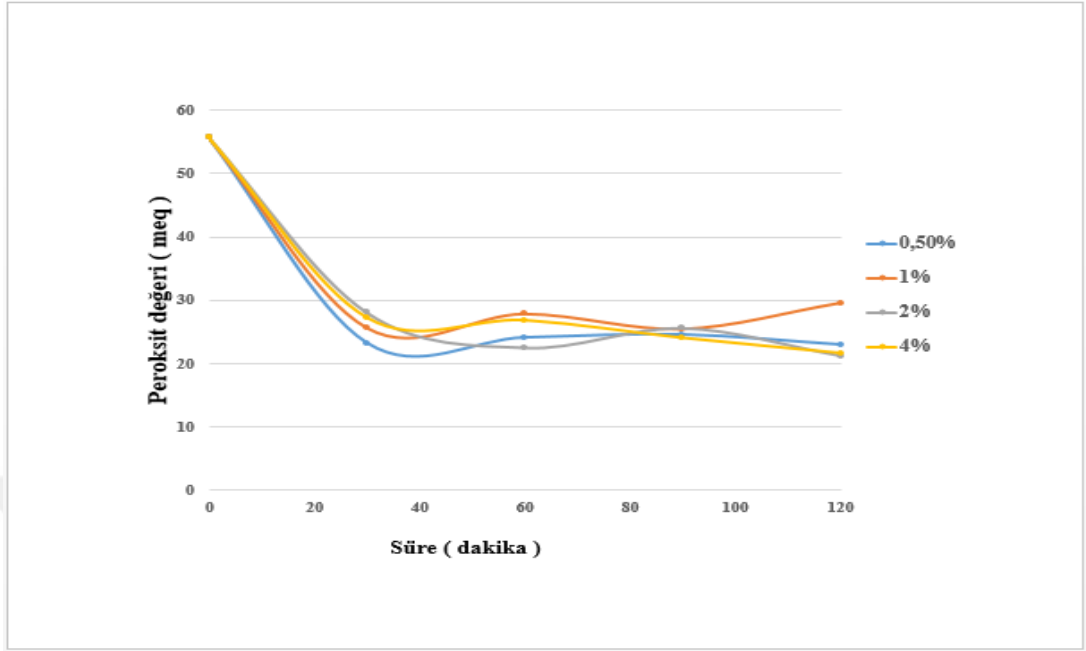
Yağlardaki serbest yağ asitliği değeri Soya yağında 60. Dakikaya kadar düşme eğilimi gösterirken, 60. Dakikadan sonra yağdaki asitlik değerinin artma eğilimi gösterdiği grafikte görülmektedir. Soya yağında kullanılan %0,5 ve %4 oranındaki ağartma toprağı değerleri aynı çıktığı için grafikte %4 toprak bulunan grafik eğrisi görülmektedir. Ayçiçek yağında ise bu değerlerin birbirinden oldukça fazla çıktığı tespit edilmiştir.

4.5. Peroksit Sayısı Analizi Sonuçları

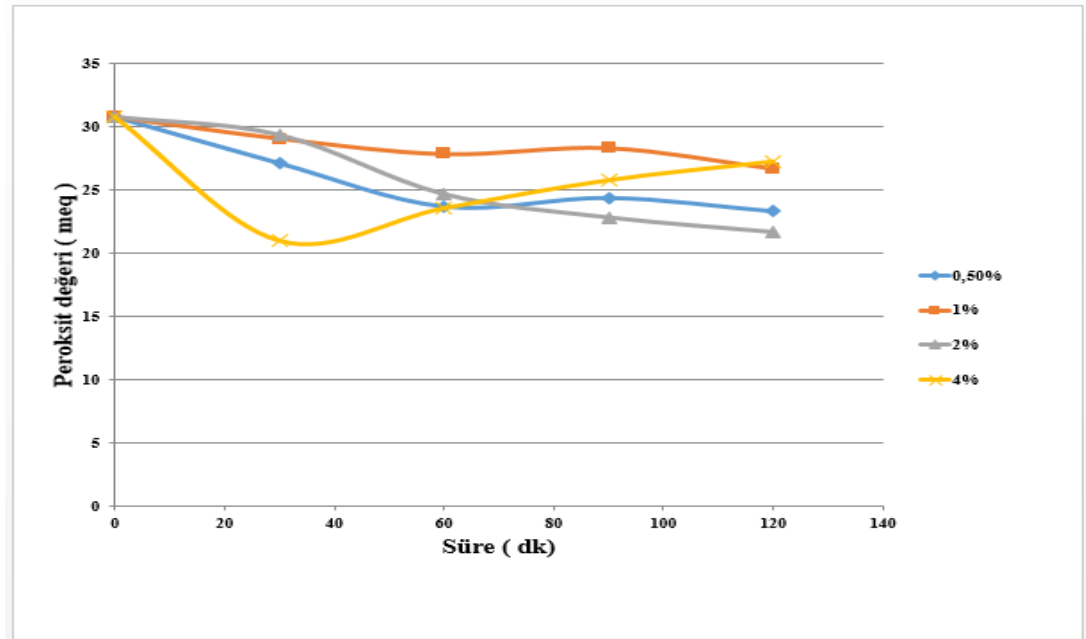
Çizelge 4.4. Ağartma işlemi sonrası peroksit değeri sonuçları

Deney No	Süre (dk)	Toprak miktarı (gr)	Soya yağı peroksit sayısı (meq)	Ayçiçek yağı peroksit sayısı (meq)
1	30	0,5	23,23	27,13
2	90	2	25,56	22,83
3	30	4	27,29	21,04
4	120	0,5	22,95	23,36
5	30	2	28,04	29,35
6	90	0,5	24,55	24,41
7	30	1	25,59	29,08
8	60	0,5	24,08	23,73
9	120	1	29,55	26,75
10	60	1	27,8	27,88
11	90	4	24,08	25,79
12	60	4	26,87	23,59
13	90	1	25,41	28,34
14	120	2	21,21	21,67
15	60	2	22,46	24,67
16	120	4	21,67	27,26

Çizelge 4.4'de ham ayçiçek ve ham soya yağı için eşit süre ve eşit toprak miktarında belirlenen sürelerde reaksiyon sonrası yağların peroksit değeri analizleri yapılmıştır.



Şekil 4.8. Soya yağı peroksit sayısı – süre – toprak miktarı



Şekil 4.9. Ayçiçek yağı peroksit sayısı – süre – toprak miktarı

Şekil 4.8 ve 4.9’da verilen ayçiçek ve soya yağındaki peroksit değeri, ağartma işlemine başlamadan önceki değeri ile ağartma sonrasındaki değeri toprak miktarı değişmesine rağmen özellikle soya yağında birbirine yakın derece değişim olmuştur.

Bitkisel yağ prosesinde ağartma ünitesindeki peroksit değeri değişimi toprak cinsi ve miktarına doğrudan bağlı olmadığını göstermektedir.

4.6. Model Uygulaması

Yüzeylerin fit edilmesinde iki farklı yaklaşım uygulanmıştır. Bunlardan birincisi polinom yaklaşımdır. Polinom yaklaşımda, modeller x ve y parametrelerinin derecelerine göre ifade edilmektedir. X 'in derecesi n ve y 'nin derecesi m olmak üzere, polinomun derecesi de m olarak belirtilmektedir. Bu çalışma da kullanılan polinom dereceleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Kullanılan diğer yaklaşım ise ince levha modelidir.

Çizelge 4.5. Model uygulaması sonuçları

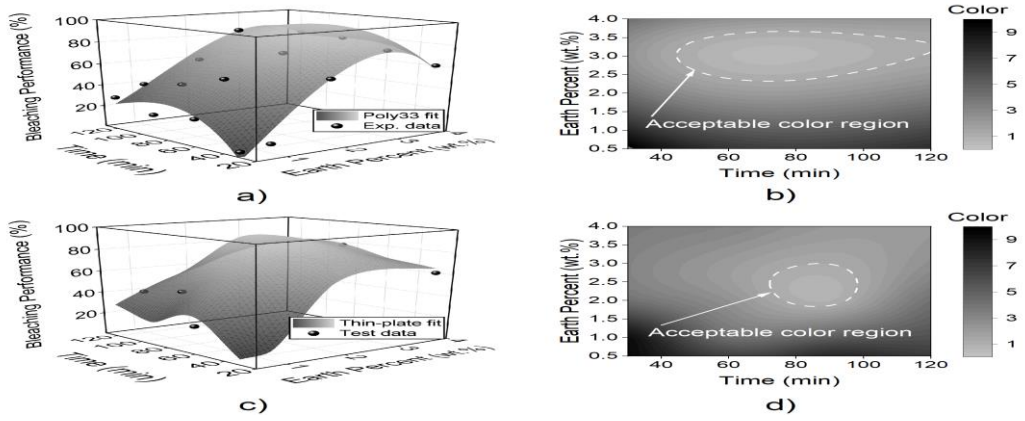
Yağ	Yüzey Montaj Modeli	R^2	RMSE
Soya	Polinom model (n=2, m=2)	0.901	7.98
	Polinom model (n=2, m=3)	0.917	7.33
	Polinom model (n=3, m=2)	0.918	7.28
	Polinom model (n=3, m=3)	0.921	7.14
	İnce levha modeli	0.987	4.32
Ayçiçek	Polinom model (n=2, m=2)	0.616	14.13
	Polinom model (n=2, m=3)	0.758	11.22
	Polinom model (n=3, m=2)	0.742	11.57
	Polinom model (n=3, m=3)	0.818	9.74
	İnce levha modeli	0.951	7.95

İnce levha modeli, sürekli bağımsız ve cevap değişkenleri arasındaki karmaşık ilişkileri görsel olarak ifade etmekte kullanılırlar. Thin-plate splinelar özellikle iki bağımsız değişkenin, cevap değişkeni üzerindeki kombine etkisinin incelenmesinde oldukça kullanışlıdır. Tek bir eğride, cevap değişkeni üzerinde bağımsız değişkenlerden yalnızca birinin etkisi görülebilirken thin-plate spline ile oluşturulan yüzeyler, çok boyutlu olduğu için iki bağımsız değişkenin, cevap değişkeni üzerindeki etkisi daha rahat izlenebilmektedir.

İnce levha modeli, yüzeyi deneysel noktaların tamamını kapsayacak şekilde büktüğü için değerlendirilmesinde polinom model den farklı bir yaklaşım kullanılmıştır. Polinom modelde deneysel verilerin tamamı kullanılarak bir yüzeye uygun edilerek, performansı R^2 ve rmse parametreleri ile değerlendirilmiştir. İnce levha modelinin

değerlendirilmesi içinse, deneysel veriler sırasıyla %70 ve %30 test şeklinde ayrılmıştır. Diğer bir deyişle, 16 veriden 11 tanesi yüzeyin uygun edilmesinde, diğer 5 tanesi de uygun edilen yüzeyin deneysel veriyi ifade etme başarısını ölçmekte kullanılmıştır.

Modeller değerlendirilirken R^2 ve rmse değerleri dikkate alınmıştır. Polinomial modellerde polinomun derecesini arttırmanın R^2 ve rmse üzerinde oldukça küçük olumlu etkiye sahip olduğu görülmüştür.



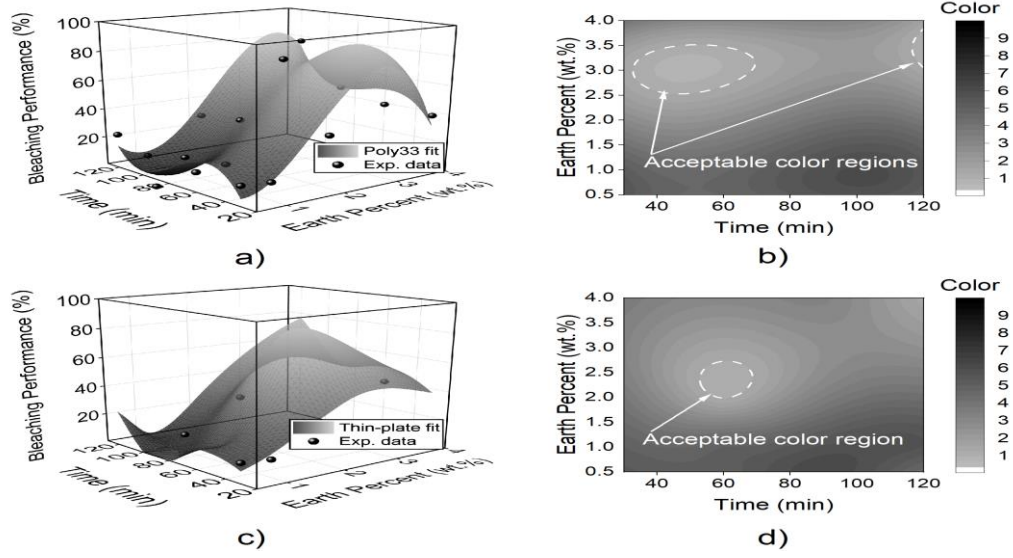
Şekil 4.10. Soya yağı polinom ve ince levha modeli

A: Soya yağı analiz sonuçlarının polinom modelle modellenmesi sonucu oluşan grafik gösterimi

B: Soya yağı analiz sonuçlarının polinom model ile optimum zaman ve % toprak miktarı gösterimi

C: Soya yağı analiz sonuçlarının ince levha modeli ile modellenmesi sonucu oluşan grafik gösterimi

D: Soya yağı analiz sonuçlarının ince levha modeli ile optimum zaman ve % toprak miktarı gösterimi



Şekil 4.11. Ayçiçek yağı polinom ve ince levha modeli

A: Ayçiçek yağı analiz sonuçlarının polinom modelle modellenmesi sonucu oluşan grafik gösterimi

B: Ayçiçek yağı analiz sonuçlarının polinom model ile optimum zaman ve % toprak miktarı gösterimi

C: Ayçiçek yağı analiz sonuçlarının ince levha modeli ile modellenmesi sonucu oluşan grafik gösterimi

D: Ayçiçek yağı analiz sonuçlarının ince levha modeli ile optimum zaman ve % toprak miktarı gösterimi

Ayçiçek ve Soya yağındaki ağartma sonrası renk ölçümlerinden elde edilen veriler 2 farklı model kullanılarak incelenmiştir. Şekil 4.10. ve 4.11 'e bakıldığında ince levha modeli uygulamasının, prosesin istediği aralıktaki sonuçlara ulaşabilecek uygun koşulların sınırlarını daha belirgin ve daha küçük alanda tanımlamaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Rafinasyon bir saflaştırma işlemidir. Yağ prosesinde ağartma işlemi bitkisel yağ rafinasyonundaki en önemli aşamalardan birisidir. Ağartma işlemi sadece yağın renginin açılması ve güzel görünmesi için yapılan bir işlem olarak anlaşılmamalıdır. Ağartma işleminde amaç sadece estetik bir görüntü elde etmek değildir. Ham yağların yapısında trigliseridler dışında minör bileşikler de mevcuttur. Bunlar serbest yağ asitleri, sabunlar, fosfolipidler, oksidasyon ürünleri, fosfatidler, sakızlar (Gums) vakslar, steroller, dimerler, su, iz metaller, renk molekülleri, proteinler, tokoferoller, yağa bulaşmış pestisidler ve bazı kirliliklerdir. Renkler bu bileşenlerin içerisinde en zararsız olanlardır, hatta tokoferoller gibi faydalı olanları da vardır. Yağın bozulmasını önleyen doğal antioksidanlardır.

Ağartma işleminde dikkat edilmesi gereken nokta ağartma yapmak istediğimiz yağın özelliklerine uygun ağartma toprağı seçmektir. Önce ağartılacak yağın karakteri analiz edilmelidir. Sonrasında uygun ağartma toprağı ile düşük maliyette ağartma yapmak amaçtır. Maliyet hesabında ağartma toprağının fiyatının ucuz olmasının yanında, ağartma toprağının yağ tutma oranının az olması (fire oranının düşük olması), toprağın düşük miktarda kullanımda bile yüksek renk açma kapasitesinin olması, kullanılan toprağın filtreyi geç tıkaması, yağdaki asitliği artırmaması vb. parametrelerin de hesaba katılması gerekmektedir.

Sonuç olarak 114 F ve 278 F bentonit toprakları ile ayçiçeği ve soya yağlarının ağartılması işlemi yapılmıştır. Bunun yanı sıra asitlik ve peroksit değerlerine bakılarak en uygun ağartmanın toprak miktarı ve süreye bağlı olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple endüstriyel uygulamalarda enerji tasarrufu için muhakkak optimizasyon yapılmalıdır.

Çalışmada farklı iki modelleme denenmiş ve kabul edilebilir sonuçlar ortaya çıkmıştır. Ancak bu modellemenin endüstriyel olarak uygulanabilmesi için girdilerin artırılarak daha uygun modelleme yöntemlerinin araştırılmasına bağlıdır. Bu girdiler kullanılan toprakların asitlik, gözenek özellikleri, toprak boyutu ile yağ cinsi, süre ve kullanılan toprak miktarlarıdır. Aynı şekilde modelleme olarak da yapay sinir ağları,

ağırlıklı ortalama yöntemleri, destek vektör makinesi gibi çok çeşitli uygulamalar denenebilir. Bunun sonucunda elde edilecek modellemeye bakılarak yığın üretim sırasında zamandan ve maliyetten tasarruf edilerek farklı veya aynı türdeki yağlarda ağartma işlemi için sistem parametreleri belirlenmiş olur.



KAYNAKLAR

Beshara A, Cheeseman CR. Reuse of spent bleaching earth by polymerisation of residual organics. *Waste Manag* 2014; 34: 1770–1774.

Brunauer S, Emmett PH, Teller E. Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. *J Am Chem Soc* 1938; 60: 309–319.

Chemat S. *Edible Oils Extraction, Processing, and Applications*. 1st ed. Taylor & Francis, 2017.

Chew SC, Tan CP, Nyam KL. Optimization of Bleaching Parameters in Refining Process of Kenaf Seed Oil with a Central Composite Design Model. *J Food Sci* 2017; 82: 1622–1630.

Eunok C, B., Min D. Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2006; 5: 169–186.

Freudenstein A, Weking J, Matthäus B. Influence of precursors on the formation of MCPD and glycidyl esters in a model oil under simulated deodorization conditions. *Eur J Lipid Sci Technol* 2013; 115: 286–294.

Gabor, Ab., Berger, K.G., Hashimoto, T., Kato, A., Tanabe, K., Mamuro, H., Yamaoka, M., 1983. In palm oil tech. In 80's, Pushparajah, E, M. Rajadurai (eds), ISP, Kuala Lumpur, 145.

Hrncirik K, van Duijn G. An initial study on the formation of 3-MCPD esters during oil refining. *Eur J Lipid Sci Technol* 2011; 113: 374–379.

Kayahan, M., 1982. Yerli ağartma topraklarının renk açma etkileri ile optimum işlem koşullarının saptanması üzerine araştırmalar. E.Ü. Gıda Fakültesi yayınları, 3, Bornova-İzmir.

Karakaya S, El SN, Tafl AA. 2001. Antioxidant activity of some foods containing phenolic compounds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52: 501-508.

Marrakchi F, Bouaziz M, Hameed BH. Activated carbon–clay composite as an effective adsorbent from the spent bleaching sorbent of olive pomace oil: Process optimization and adsorption of acid blue 29 and methylene blue. *Chem Eng Res*

Des 2017; 128: 221–230.

Ney, K., 1964. Einfluss der Bleicherde. Behandlung bei verschiedenen temperaturen auf die lage der doppelbindungen von fettsaeuren. *Fette Seifen Austringmittel* 66, 512- 517.

O'Brien RD, Farr WE, Wan PJ. *Introduction to fats and oils technology*. Champaign, Ill.: AOCS Press, 2000.

Patterson HBW. Adsorption. In: List GR (ed) *Bleaching and purifying fats and oils*. Urbana, Illinois: AOCS Press, 2009, pp. 53–68.

Pudel F, Benecke P, Fehling P, et al. On the necessity of edible oil refining and possible sources of 3-MCPD and glycidyl esters. *Eur J Lipid Sci Technol* 2011; 113: 368–373.

Ramli MR, Siew WL, Ibrahim NA, et al. Effects of degumming and bleaching on 3-MCPD esters formation during physical refining. *JAOCS, J Am Oil Chem Soc* 2011; 88: 1839–1844.

Richardson LL. Use of bleaching, clays, in processing edible oils. *J Am Oil Chem Soc* 1978; 55: 777–780.

Sabah E, Çinar M, Çelik MS. Decolorization of vegetable oils: Adsorption mechanism of β -carotene on acid-activated sepiolite. *Food Chem* 2007; 100: 1661–1668.

Sampaio KA, Ariseto AP, Ayala J V., et al. Influence of the process conditions on the formation of 3-MCPD esters in palm oil. *Toxicol Lett* 2013; 221: S122.

Sing KSW, Everett DH, Haul RAW, et al. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity (Recommendations 1984). *Pure Appl Chem* 1985; 57: 603–619.

Šmidrkal J, Tesařová M, Hrádková I, et al. Mechanism of formation of 3-chloropropan-1,2-diol (3-MCPD) esters under conditions of the vegetable oil refining. *Food Chem* 2016; 211: 124–129.

Yang C, Zhang J, Han S, et al. Compositional controls on pore-size distribution by nitrogen adsorption technique in the Lower Permian Shanxi Shales, Ordos

Basin. *J Nat Gas Sci Eng* 2016; 34: 1369–1381.

Zschau W. Bleaching of edible fats and oils. *Eur J Lipid Sci Technol* 2001; 103: 505–551.



ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : TUNCER, Mehmet
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum tarihi ve yeri : 01.01.1991 - Kayseri
Medeni hali : Evli
Telefon : 0535 373 44 90
e-Posta : mtun1991@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Hitit Üniversitesi Kimya Mühendisliği	2016
Lise	Baki-Ayşe Simitçioğlu Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016 - ..	TİRYAKİ AGRO GIDA SAN. TİC. A.Ş.	Kimya Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce