

**AYÇİÇEK YAĞININ RAFİNASYON AŞAMALARINDA
MEYDANA GELEN FİZİKOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİ VE
NANOBOYUTTAKİ SAFSIZLIKLARIN**

TESPİT EDİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba KARAYİĞİT

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Erman DUMAN

NANOBİLİM ve NANOTEKNOLOĞİ ANABİLİMDALI

Aralık 2018

Tez çalışması 17.FEN.BİL.03 numaralı proje ile BAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYÇİÇEK YAĞININ RAFİNASYON AŞAMALARINDA
MEYDANA GELEN FİZİKOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİ ve
NANOBOYUTTAKİ SAFSIZLIKLARIN TESPİT EDİLMESİ

Tuğba KARAYİĞİT

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Erman DUMAN

NANOBİLİM ve NANOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Aralık 2018

TEZ ONAY SAYFASI

Tuğba KARAYİĞİT tarafından hazırlanan “Ayçiçek Yağının Rafinasyon Aşamalarında Meydana Gelen Fizikokimyasal Değişimleri ve Nanoboyuttaki Safsızlıkların Tespit Edilmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 21/12/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Nanobilim ve Nanoteknoloji Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Erman DUMAN

Başkan : Doç. Dr. Atilla EVCİN

Üye : Doç. Dr. Onur GÜNEŞER

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Erman DUMAN

 İmza

 İmza

 İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim EROL

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

21/12/2018



Tuğba KARAYİĞİT

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AYÇİÇEK YAĞININ RAFİNASYON AŞAMALARINDA MEYDANA GELEN FİZİKOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİ ve NANOBOYUTTAKİ SAFSIZLIKLARIN TESPİT EDİLMESİ

Tuğba KARAYİĞİT

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Nanobilim ve Nanoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman:Dr. Öğr. Üyesi Erman DUMAN

Bu çalışmada, Türkiye’de işlenen ayçiçeği tohumlarından elde edilen ayçiçek yağının rafinasyon aşamalarındaki ham yağ, nötralizasyon, ağartma, vinterizasyon ve deodorizasyon basamaklarının her birinin fizikokimyasal özellikleri ve nanoboyutta safsızlıklarının tespiti için, serbest yağ asitleri değeri, peroksit değeri, refraktif indeks değeri, viskozite, renk tayini, sabunlaşma ve sabunlaşmayan madde analizi, sterol analizi, yağ asitleri kompozisyonu, mineral madde analizi ve SEM analizleri yapılmıştır. Asitlik, peroksit sayısı, refraktif indeks, viskozite, renk, sabun sayısı, sabunlaşma ve sabunlaşmayan madde sayısı, sterol, yağ asitleri kompozisyonu, mineral madde ve SEM analizi değerleri ölçülmüştür. Rafinasyon aşaması tamamlanınca deodorizasyon aşaması sonrası serbest asitlik, peroksit, refraktif indeks, viskozite değerleri tespit edilmiştir ve serbest asitlik değeri 0,05 mgKOH/g, peroksit sayısı 8,40 meqO₂/kg, refraktif indeks tayini 1,48 n_D, viskozite değeri 61,80 mPa, sabun sayısı 0, sabunlaşma sayısı 204,74 m/m ve sabunlaşmayan madde tayini %0,79 g/kg olarak hesaplanmıştır. Yağ asitleri kompozisyonuna bakıldığında, rafinasyonun son aşamasında toplam doymuş yağ asitleri %10,01, tekli doymamış yağ asitleri %25,12 ve çoklu doymamış yağ asitleri ise %64,88 oranında olduğu tespit edilmiştir. Mineral madde analizinde Li, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ga, As, Se, Ru, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Ba, Pt, Pb tespit edilen mineraller olup bunlardan Mg, Si, P, Mn, Cu, Ga ve Ag rafinasyonun tüm aşamalarında tespit edilmiştir.

2018, xi + 78 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Heliantus Annuus*, Ayçiçek Yağı, Bitkisel Yemeklik Yağ, Rafinasyon, Nanoteknoloji, SEM Analizi.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE DETECTION OF IMPURITIES in NANOSCALE and PHYSICO-CHEMICAL CHANGES OCCURRING in REFINED STAGES OF SUNFLOWER OIL

Tuğba KARAYİĞİT

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Nanoscience and Nanotechnology

Supervisor: Asst. Prof. Erman DUMAN

In this study, the crude oil in the refining stage of sunflower oil obtained from sunflower seed processed in Turkey, neutralization, bleaching, winterization and deodorization steps, at each of its physicochemical properties and nanoscale for the detection of impurities, free fatty acid value, peroxide value, refractive index value, viscosity, color determination, saponification and saponification analysis, sterol analysis, fatty acid composition, mineral matter analysis and SEM analysis were performed. Acidity, peroxide number, refractive index, viscosity, color, number of soaps, number of saponification and saponification, sterol, fatty acid composition, mineral matter and SEM analysis were measured. When the refining phase was completed, acidity, peroxide number, refractive index, viscosity values were 0,05 mgKOH/g, peroxide number 8,40 meqO₂/kg, refractive index 1,48 n_D, viscosity 61,80 mPa, soap number 0, saponification number, 74 m/m and the non-saponifying material was calculated as 0,79% g/kg. Fatty acid composition, saturated fatty acids in the final stage of refining was determined as 10,01%, monounsaturated fatty acids 25,12% and polyunsaturated fatty acids 64,88%. In the analysis of mineral matter Li, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Ga, As, Se, Ru, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Ba, Pt, Pb are the minerals detected, Mg, Si, P, Mn, Cu, Ga and Ag were determined in all stages of refining.

2018, xi + 78 pages

Keywords: *Heliantus Annuus*, Sunflower Oil, Vegetable Food Oil, Refining, Nanotechnology, SEM Analysis.

TEŞEKKÜR

Tezimde benden yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Erman DUMAN'a ve kıymetli eşi Arş. Grv. Sabire DUMAN'a, yüksek lisans eğitimim boyunca üzerimde emekleri olan değerli hocam Doç. Dr. Atilla EVCİN'e ve 17.FEN.BİL.03 numaralı projeyi destekleyen Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri koordinatörlüğüne teşekkür ederim. Tez aşamasında bilgi ve hoşgörülerıyla destek olan Balıkesir Üniversitesi'nden Dr. Öğr. Üyesi Nuray GEDİK'e ve Doç.Dr. Aslan Deniz KARAOĞLAN'a teşekkür ederim. Yüksek lisans ile akademik yolda devam etmem için beni teşvik eden merhum hocam Prof. Dr.Özer Yılmaz'ı saygı ve minnetle anıyorum.

Çalışma esnasında ve tüm hayatım boyunca bana her konuda destek olan sevgili anneciğim Zerrin KARAYİĞİT'e teşekkür ederim.

Tuğba KARAYİĞİT
AFYONKARAHİSAR,2018

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Yağ Kimyası, Bitkisel ve Hayvansal Yağlar ve Beslenmedeki Önemi.....	3
2.2 Ayçiçeği Bitkisi Hakkında Genel Bilgiler	6
2.3 Ayçiçek Yağı Kimyasal Bileşenleri	8
2.4 Ayçiçek Yağının Rafinasyonu	9
2.4.1 Rafinasyon Aşamaları	11
2.4.1.1 Degumming – Nötralizasyon.....	11
2.4.1.2 Ağartma	12
2.4.1.3 Vinterizasyon.....	12
2.4.1.4 Deodorizasyon	12
2.5 Nanobilim / Nanoteknoloji	15
3. MATERYAL ve METOD	20
3.1 Çalışma Materyalinin Temini	20
3.2 Deneysel Metodlar.....	20
3.2.1 Serbest Yağ Asitliği (SYA) Sayısı	20
3.2.2 Peroksit Sayısı Analizi	20
3.2.3 Kırılma İndisi.....	21
3.2.4 Viskozite.....	21
3.2.5 Renk Tayini	21
3.2.6 Sabunlaşma Sayısı Analizi	22
3.2.7 Sabunlaşmayan Madde Sayısı	22
3.2.8 Sterol Analizi.....	23

3.2.9 Yağ Asitleri Kompozisyonu	24
3.2.10 Mineral Madde Analizi.....	24
3.2.11 SEM Analizi	25
3.2.12 Verilerin İstatistik Analizi	25
4. BULGULAR	26
4.1 Serbest Yağ Asitleri (SYA) Değeri	26
4.2 Peroksit Değeri	27
4.3 Refraktif İndeks Tayini.....	29
4.4 Viskozite Tayini	30
4.5 Renk Tayini	31
4.6 Sabunlaşma Sayısı	33
4.7 Sabunlaşmayan Madde	34
4.8 Sterol Analizi.....	36
4.9 Yağ Asitleri Kompozisyonu	37
4.10 Mineral Madde Tayini	42
4.11 SEM Analizi	43
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	46
6. KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	65
EKLER	66

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde oranı
°C	Santigrat derece
β	Beta
g	Gram
HCl	Hidroklorik asit
kg	Kilogram
KI	Potasyum iyodür
KOH	Potasyum hidroksit
lt	Litre
m	Numunenin kütlesi, miktarı, g
m	Metre
M_1	Buharlaştırma kabının kütlesi, g
M_2	Buharlaştırma kabı ve bakiyenin kütlesi, g
M_3	Şahit analiz değeri, g
meq	Miliekivalent
mg	Miligram
ml	Mililitre
mPa	Milipaskal
N	Normalite
NaOH	Sodyum hidroksit
n_D	Kırılma indisi
O ₂	Oksijen
ppm	Milyonda bir çözelti
TiO ₂	Titanyum di oksit
V	Harcanan 0,1 N NaOH veya KOH çözeltisi,
V ₀	Şahit deneyindeki sodyum thiosülfat sarfiyatı (ml) 1 ml 0,1 N alkali = 0,0282 g oleik asit
V ₁	Örnek için harcanan 0,5 N HCl çözeltisi (ml)
V ₁	Numune deneyindeki sodyum thiosülfat sarfiyatı (ml)
V ₂	Şahit deneyi için harcanan 0,5 N HCl çözeltisi (ml)
α	Alfa
β	Beta
μ g	Mikrogram
μ l	Mikrolitre
μ m	Mikronmetre
μ s	Mikrosaniye
KI	Potasyum iyodür
1:	Rafinasyon aşamasının ilk basamağı ham yağ
2:	Rafinasyon aşamasının ikinci basamağı nötralize olmuş yağ
3:	Rafinasyon aşamasının üçüncü basamağı ağartılmış yağ
4:	Rafinasyon aşamasının dördüncü basamağı vinterize olmuş yağ
5:	Rafinasyon aşamasının beşinci basamağı deodorize olmuş yağ

Kısaltmalar

FAO	Gıda ve Tarım Teşkilatı
GC	Gaz Kromatografisi
ICP-AES	İndüktif Eşleşmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektroskopisi
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
SYA	Serbest Yağ Asitliği
TE	Tespit Edilemedi
WHO	Dünya Sağlık Teşkilatı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Bitkisel yağların rafinasyon aşamaları	10
Şekil 2.2 Deodorizasyon aşamasında süre ve sıcaklığa bağlı trans yağ asidi oluşumu .	14
Şekil 2.3 Nanoboyutta abaküsten makroboyutta pireye kadar farklı nesnelere büyüklükleri.....	16
Şekil 2.4 Gıda bilimi ve teknolojisinde nanoteknolojinin uygulama matrisi	17
Şekil 2.5 Nanoküre ve nanokapsül yapılar.....	18
Şekil 4.1 Serbest yağ asitleri sonuçları değişim grafiği	27
Şekil 4.2 Ayçiçek yağı peroksit miktarı.....	28
Şekil 4.3 Ayçiçek yağı refraktif indeks oranları.....	30
Şekil 4.4 Ham ayçiçek yağı viskozitesi.....	31
Şekil 4.5 Ayçiçek yağı sabunlaşma sayısı(m/m).....	34
Şekil 4.6 Ayçiçek yağı sabunlaşmayan maddelerin tespiti(g/kg).....	35
Şekil 4.7 Ayçiçek yağı doymuş yağ asitleri(%).	39
Şekil 4.8 Tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri kompozisyonu sonuçları değişim grafiki(%)......	40
Şekil 4.9 Ayçiçeği tekli doymamış yağ asitleri kompozisyonu sonuçları değişim grafiki(%)......	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Serbest yağ asitleri istatistik analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4.2 Peroksit değeri istatistik analiz sonuçları.....	28
Çizelge 4.3 Refraktif indeks istatistik analiz sonuçları.....	29
Çizelge 4.4 Viskozite tayini istatistik analiz sonuçları.....	30
Çizelge 4.5 Ayçiçeği yağının rafinasyon aşamalarındaki renk tayini.....	32
Çizelge 4.6 Sabunlaşma sayısı istatistik analiz sonuçları.....	33
Çizelge 4.7 Sabunlaşmayan madde istatistik analiz sonuçları.....	35
Çizelge 4.8 Sterol kompozisyonu GC analiz sonuçları.....	36
Çizelge 4.9 Ayçiçek yağı rafinasyon aşamaları doymuş-doymamış yağ asitleri kompozisyonu.....	37
Çizelge 4.10 Doymuş yağ asitleri kompozisyonu GC analiz sonuçları.....	38
Çizelge 4.11 Doymuş yağ asitleri kompozisyonu istatistik analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.12 Çoklu doymamış yağ asitleri kompozisyonu istatistik analiz sonuçları..	40
Çizelge 4.13 Tekli doymamış yağ asitleri kompozisyonu istatistik analiz sonuçları....	41
Çizelge 4.14 Ayçiçek yağı mineral madde analizi.....	42
Çizelge 4.15 Etanol ile muamele edilmeyen rafinasyon aşaması örneklerinin SEM analizinde tespit edilen elementler(%)......	43
Çizelge 4.16 Etanol ile muamele edilmeyen rafinasyon aşaması örneklerinin SEM analizindeki kesitlerde tespit edilen elementlerin ortalama standart sapmaları(%)......	44
Çizelge 4.17 Etanol ile muamele edilen rafinasyon aşaması örneklerinin SEM analizinde tespit edilen elementler(%)......	44
Çizelge 4.18 Etanol ile muamele edilen rafinasyon aşaması örneklerinin SEM analizindeki kesitlerde tespit edilen elementlerin ortalama standart sapmaları(%)......	45

1. GİRİŞ

Giderek artan dünya nüfusu ile doğru orantılı olarak gıda maddelerine duyulan ihtiyaç da artmaktadır. Yaşamı sürdürmek için gerekli olan temel besin öğeleri yağlar, karbonhidratlar ve proteinlerdir. İnsan beslenmesinde önemli yer tutan yağların üretimi, gerek dünyada gerekse ülkemizde yağlı tohumlu bitkilerin yetiştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir (Kolsarıcı vd. 2016).

Dünyada yağlı tohumlu bitkiler denince akla ilk gelen en önemli bitki ayçiçeğidir. Çoğu ülkede özellikle bitkisel yağ sanayinde kullanılmak üzere ayçiçeği bitkisi (*Heliantus annuus L.*) yetiştirilmektedir (İnt.Kyn.7). Ayçiçeği ekiminin dünyada en çok yapıldığı ülkeler Rusya, Ukrayna ve Arjantin'dir. AB ülkelerinde ise; Fransa, Romanya, Portekiz ve İspanya başta olmak üzere 28 AB ülkesinde ayçiçeği üretimi yapılmaktadır. 2013-2014 yıllarından beri dünyada ekilen 24.96 bin ha ayçiçeğinin %73.6'sı bu ülkelere aittir (Özüdoğru 2015). Ülkemizde tarımı yapılan ayçiçeği bitkisi 440 000 ha ekim alanı ve yağ üretimi bakımından ilk sırayı almaktadır. Ayçiçeği verim açısından Türkiye ortalaması 125 kg/da olup bazı bölgelerimizde ise daha düşük miktarda (80 kg/da) olmaktadır (Coşge 2007). Ayçiçeği bitkisi neredeyse her bölgemize ve kuru veya sulak her ortama adapte olabilmektedir (İnt.Kyn.2007). Ülkemizde ayçiçeği bitkisi ekimi Trakya-Marmara (%73), Karadeniz (%19), İç Anadolu (%13), Ege (%3), Doğu ve Güneydoğu Anadolu (%1) bölgelerinde yapılmaktadır (Derin 2017).

Ülkemizde yağ elde edilen tüm bitkiler gözönüne alındığında insan beslenmesinde tüketilen yağların %50'si ayçiçeğinden üretilmektedir (Büyükfiliz 2016). Yıllık otsu bitkilerden ayçiçeği 1,5-3 m. boylarında, sert saplı, parçasız üçgen biçimli, tüylü, yeşil renkli, sert ve kalp şeklinde büyük yapraklara sahiptir. Tohumlarından elde edilen açık sarı renkli hoş kokan ayçiçeği yağı; salata, yemek, kızartma ve konservelede kullanılmaktadır. Çinko ve fosfor içeriğinden dolayı diş ve kemik gelişimi için oldukça önemli olan ayçiçek yağı algi gelişimi için de çok önemli besin kaynağıdır (Anonim 2014). Ayçiçeği tohumlarından %39-45 oranında yağ elde edilmektedir. Ayçiçek yağı %15 doymuş, %85 doymamış yağ asidi içerir. Doymamış yağ asitlerinin %14-43'ünü oleik asit, %44-75'ini linoleik asit ve %0,7'sini linolenik asit oluşturmaktadır. Ayçiçeği

çekirdekleri sanayide boya, sabun ve yan ürün olarak da hayvan kütlesi şeklinde kullanılmakta olup, ayçiçek yağı rafinasyon aşamaları tamamlandıktan sonra sıvı halde tüketilebildiği gibi margarin yapımına katılarak katı halde de kullanılmaktadır (Anonim 2014, 2015).

Beslenme ihtiyacının artan nüfusla soruna dönüşmeye başladığı son zamanlarda tüketimde artışın fazla olmasından dolayı gıdaların miktarı, taze ve uzun süre dayanıklı olması önem kazanmıştır (Sürengil ve Kılınç 2011). Dünyada nanogıda teknolojileri gittikçe önem kazanmakta olup günümüzde nanoteknoloji araştırmalarının en fazla yapıldığı alan gıda sektörüdür. Tarımı yapılan ürünlerin verimlerinin artırılması, bitki zararlılarına karşı korunmaları, verilen gübrenin bitki tarafından en iyi şekilde emilmesinin sağlanması, işleme safhalarında kalitelerinin artırılması gibi üretimden tüketiciye uzanan süreçte gıda ve tarım uygulamaları nanoteknoloji çalışmaları ile yeni yöntem ve çözüm arayışındadır (Karaali 2007).

Yapılan literatür incelemeleri doğrultusunda ayçiçek yağı ile ilgili belirli konular araştırılmış ancak nanoboyuttaki safsızlıkların tespiti için yaptığımız bu araştırma ile ilgili çalışmaların az sayıda olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle ayçiçek yağının rafinasyon aşamasındaki değişimleri ve nanoboyuttaki safsızlıkları tespit edilerek fizikokimyasal özelliklerinin incelenmesi yağ teknolojisi alanında geleceğe yönelik nanorafinasyon açısından da önem arz etmektedir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Yağ Kimyası, Bitkisel ve Hayvansal Yağlar ve Beslenmedeki Önemi

Tüketilebilir bitkisel yağlar, doğal yapısı gereği az miktarda fosfatidler, sabunlaşmayan bileşenler ve serbest yağ asitlerini içerebilen sadece bitkisel kaynaklardan elde edilen, temel olarak yağ asitleri gliseritlerinden oluşan yağlar olarak tanımlanır (Copeland and Belcher 2005, Erfa 2007).

Suda çözünmeyen ancak eter, benzen, kloroform gibi organik çözücülerde çözünebilir değişik yapıdaki bileşikler yağ adı altında toplanır (Karaca ve Aytaç 2006). Yağlar dehidrasyon tepkimeleri ile üç yağ asidi ve bir gliserolün ester bağları yaparak bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Yağ asidi 16-18 C atomu içeren ve adını aldığı fonksiyonel bir gruba sahiptir. Bu gruplar nedeniyle yağ asitleri birbirlerinden farklıdır ve doymuş-doymamış yağ asitleri olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Hidrokarbon zincirlerinde çift bağ yoksa ve C atomuna olabildiğince fazla H atomu bağlanabiliyorsa doymuş yağ asitleri meydana gelmektedir. Çoğu hayvansal yağın (tereyağı, iç yağ, kuyruk yağı gibi) içeriğinde yüksek miktarda doymuş yağ asitleri bulunmakta olup yapıları esnektir, oda sıcaklığında katıdır. İnsan vücudunda üretilmeyen ama yaşamımızı sürdürmek için hayati önem taşıyan ve bu nedenle dışarıdan alınması gereken doymuş yağlara esansiyel yağ asitleri denmektedir. Hidrokarbon zincirinde çift bağ varlığında ve her C atomuna daha az H atomu bağlandığında doymamış yağ asitleri oluşmaktadır. Oda sıcaklığında katılaşmayan bu yağların (ayçiçek yağı, balık yağı gibi) molekülleri doymamış bir ya da birkaç yağ asidinden oluşmaktadır. Doymamış yağlara H atomu eklenerek sentetik doymuş yağlar elde edilebilmektedir. Bu yöntem sayesinde fındık ezmesi, sürülebilir çikolata, margarinler gibi çoğu ürün içerisindeki yağın sıvı hale geçip ayrışması önlenmektedir (Kayahan 2000, Catharino 2005, Jackson 2011).

İnsan beslenmesi için önemli olan yağlar organizmalar için temel besin öğesidir. Hücre, doku ve organlarımızın yapısında bulunan yağlar vücudumuzun farklı işlevlerini yerine getirmesi için gereklidir. İzolatör olmalarının yanında enerji verir, yağda çözünen vitaminlerin (A, D, E, K) işlev kazanmasını sağlar, estetik görünüm verme, steroidlerin

yapısına katılmak, bazı metaller (I, Mn, Fe, Zn, Cu, P, Ca) için taşıyıcılık vb. görevleri vardır (Anonim 2015).

Bitkisel ve hayvansal yağlar hayvan gelişimi, güçlenmesi ve faaliyetleri için de gerekmektedir. İş, yarış ve gösteri amacıyla kullanılan veyüksek efor beklenen atların (performans atları) rasyonlarına bitkisel yağ katılmasıyla, dinlenme zamanında kas glikojen depolarında bir artış olmaktadır. Bu artış aerobik, özellikle de anaerobik egzersiz esnasında avantaj sağlayan kullanıma hazır, ilave bir kaynak olmakla birlikte hazmı da kolaylaştırmaktadır (Biricik 2001). Süt ineklerinde süt üretiminin artmasına yönelik olarak, gerek genetik potansiyelin arttırılması, gerekse bazı teknolojilerin uygulanması (hormonlar) sonucu aşırı derecede artan süt verimini karşılayacak enerji miktarının sağlanmasında güçlük çekilmektedir. Üretim başarısını; genetik kapasiteden sonra belirleyici en önemli faktör inekleri beslemedir yani en az maliyetle yemlenmeleridir. Üreme ve üretimin arttırılması açısından rasyona ilave edilen bitkisel yağ ile ineklerde enerjiyi artırabildiği gibi verim de iyileştirebilmektedir (İnt.Kyn.11). Yumurta tavuğu rasyonlarında da çeşitli bitkisel yağlı tohumlar kullanılır, çünkü enerji ve linoleik asit kaynağı olan yağlar diyetle çok önemli yer tutmaktadır (Mızrak vd.. 2005). Bitkisel yağların diğer bir değerlendirme alanı da biyolojik olarak çözünebilir olduklarından, özellikle gemilerde, koruma altındaki su bölgelerinde, endüstri bölgelerinde vb. hassas alanlarda biyoyakıt olarak kullanılabilenleridir (Ulusoy ve Alibaş 2002).

Sağlıklı ergin bir insan günlük faaliyetlerini yürütmek için 2000-3000 kaloriye ihtiyaç duymaktadır. Dengeli ve sağlıklı beslenme için bu miktarın 650-900 kalorisi yağlardan karşılanmalıdır. 1 gramı 9,3 kalori veren yağın insan beslenmesinde günlük yaklaşık 95 g tüketilmesi gerekir. Bu miktar yağın 1/3'ü sıvı yağ olarak yemeklerle, geri kalan 1/3'ü katı yağ olarak kahvaltılarda, geriye kalan 1/3'ü ise peynir, süt vb. yağlı besinlerden karşılanmalıdır. Bu hesaba göre doğrudan alınması gerekli toplam yağ miktarı günde 63 gramdır. Bu ise kişi başına yılda 23 kg yağ tüketilmesi anlamına gelir. Yılda yaklaşık 24 kg yağ tüketildiği takdirde sağlıklı bir beslenmeden söz edilebileceği vurgulanmaktadır (Kolsarıcı vd.. 2005). Sağlıklı yağ tüketimi için; yağın sindirilebilirliği, yağ bileşenleri ve oksidatif bozulmaya karşı direncibaşlıca kriterlerdir. Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO)

ve Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) ortak uzman grubunun çok sayıda araştırma sonucunu inceleyip hazırladığı raporda, insan beslenmesinde yağların kullanımına dair önemli tavsiye ve öneriler yer almaktadır. Dengeli ve sağlıklı bir beslenme için alınan kalorinin %15-30'unun yağlardan karşılanması ve tüketilen yağ miktarının önemli bir bölümünü bitkisel sıvı yağların oluşturması gerektiği belirtilmiştir (Kayahan 2000, Çalışkan 2008).

Bitkilerin ürettiği doğal ürünler olan primer ve sekonder metabolitler doğrudan ve dolaylı olarak endüstrinin en temel ürünleridir. Bitkiler, topraktan aldıkları su, mineral ve bazı öğeleri kendi metabolizmalarında insan vücudunun özümleyebileceği bileşimlere dönüştürürler. Temel besin öğelerinden, karbonhidratlar, proteinler, yağlar, vitaminler ve mineraller bunlara örnektir. Bunlar bitki metabolizmasında oluşan ağırlıklı olarak kullanılan etken maddelerdir (eterik yağlar, uçucu yağlar, esanslar), alkaloidler, tanenler). Vücudun savunma gücünü artıran yağlar, organların işlevlerini destekleyerek iyileşmeyi hızlandırabilirler. Böylece organizmadaki belirli dokuların ve organların işlevlerine olumlu etki yaparlar (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu 2011).

Yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen bitkisel yağların özellikleri; elde edildiği bitkiye ve içerdikleri yağ asitlerinin oranları ile çeşitlerine göre değiştiği için, tüketim amacına yönelik olarak üretim yapılması gerekmektedir. Yağ bitkilerinin yağ asitleri kompozisyonu sürekli sabit olmayıp; türlere özgü karakteristik farklılıklar gösterdiği gibi, birçok faktöre bağlı olarak sürekli değişmektedir. Bu nedenle, yağ bitkilerinin yağ asitleri kompozisyonunda hangi koşullarda nasıl bir değişim meydana geleceğinin bilinmesi, yağ kalitesi açısından önemli olmaktadır. Yağın kalitesi, besleme, teknolojik ve işleme değerleri yağ asitlerinin yağdaki dağılımı ve pozisyonuna bağlıdır. Yağların, yağ asitleri kompozisyonunun bilinmesi yağların kullanım amaçlarına göre üretim yapılması için gereklidir. Bu amaçla istenilen tipler uygun bölgelerde yetiştirilirse ihtiyaca uygun yağların üretimi gerçekleşir (Karaca ve Aytaç 2006).

Dünyada en fazla üretimi yapılan yağlar arasında bulunan palmiye yağı, soya fasulyesi yağı, kolza tohumu yağı, ayçiçek yağı ve yer fıstığı yağı gibi yağ elde edilen bu bitkilerden hangisinin daha çok talep edileceği bitkinin çevresel performansına da

bağlıdır. Çevresel performans özellikleri arasında küresel ısınmaya etkisi, bitkinin toprak ihtiyacı yani arazi kullanımı ve su tüketimi değerlendirilmektedir. Küresel ısınma ile ilgili olarak, en iyi performans kolza yağı ve ayçiçek yağı, en az performans soya fasulyesi yağı ve hurma yağı ve iyi performans olarak yer fıstığı yağıdır. Arazi kullanımı için, hurma yağı ve soya fasulyesi yağı en küçük katkının eşlik ettiği yağlardır, bunu kolza tohumu yağı ayçiçek yağı ve yer fıstığı yağı ile diğer yağlar takip eder. Su tüketimi açısından ise (su stresi endeksi gözönüne alınır), ayçiçek yağı en küçük etkiye sahiptir (Schmidit 2015).

Ayçiçeği, soya fasulyesi, kanola gibi yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen ürünler taneleri, tohumlarından yağ ve küspedir. Bu ürünler ile gıda, yem, enerji, boya, kozmetik ve sağlık gibi çok çeşitli alanlarda kullanılıp uluslararası öneme sahip bitkilerdir. Dünyada bu bitkiler arasında önde gelenler ise soya fasulyesi, kanola ve ayçiçeğidir. Bu bitkilerin üretiminde öncü olan dünya ülkeleri Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Brezilya, Çin, Arjantin ve Hindistan'dır (Sav 2016). Ülkemizde tarımı yapılan yağlı tohumlar grubuna giren ürünleri ayçiçeği, çığit, soya, yer fıstığı, haşhaş, susam, kolza ve aspir olarak sıralayabiliriz. Yağ elde edilen tüm bitkiler göz önüne alındığında, insan beslenmesinde tüketilen sıvı yağların yaklaşık %40'ı ayçiçeği yağından oluşmaktadır (Kolsarıcı vd.. 2005).

2.2 Ayçiçeği Bitkisi Hakkında Genel Bilgiler

Yunanca'da helios (güneş) ve anthos (çiçek) sözcüklerinden oluşturulan *Helianthus*, Compositae (Asteraceae) familyasından olan *Helianthus* cinsi, bir kısmı çok yıllık, bir kısmı yıllık olmak üzere 50'nin üzerinde tür içermektedir. Bunlardan en önemlisi ülkemizde de yetiştirilen *H. annuus L.* yani ayçiçeği bitkisi olup; günebakan, gündoğdu, çığdem isimleri ile de anılan ekonomik değere sahip bir türdür. Tüm *Helianthus* türleri arasında *Helianthus annuus L.* tohumlarından sabit yağ elde edildiği için önemli bir kültür bitkisi olarak önem kazanmıştır (Tosun 2000).

Ayçiçeği, (*Helianthus annuus L.*) bileşikgiller ailesinden (Compositae) açık sarı renkli büyük çiçekler açan bir tablaya sahip, boyu 1-3 m. civarında, sert ve kısa tüylü bir yıllık

otsu bitkidir (Eken 2004). Ayçiçeği yetişeceği toprak tipi yönünden çok seçici olmamasına rağmen organik maddece zengin, derin ve su tutma kapasitesi iyi topraklarda yüksek verim potansiyeline sahiptir. Kumsal topraklardan ağır yapıdaki killi topraklara kadar her türlü iyi drenaj sağlanmış topraklarda tarımı yapılabilir. Ayçiçeği yapraklarının heliotropik (ışığa yönelme) özelliği nedeniyle fotosentez için ihtiyaç duyduğu ışığı rahatlıkla alabilir (Süzer 2012). Ayçiçeği tuza karşı sorgum, soya, çeltik, mısır, bakla, keten ve fasulyeden daha fazla toleranslı olup, eriyebilir total tuzu %0,384-%0,640 arası olan topraklarda yetişebilen ayçiçeği bitkisi, oluşturduğu kuvvetli ve derinlere gidebilen kök sistemi nedeniyle kurağa nispeten dayanıklı bir bitkidir (Tan 2007). *Helianthus annuus L.* ılıman iklimleri seven tek yıllık bitkidir. Kuzey Amerika gibi farklı iklim tiplerine sahip bölgelerde dahi yetişebilen, dünyadaki en önemli dört yağlı tohum bitkisinden biridir (Vilvert 2018).

Ayçiçeği, dünyada ve ülkemizde önemli yağ bitkileri arasındadır. Ayçiçeği üretimi ülkemiz ve bölgemiz için stratejik öneme sahip bir üründür. Türkiye’de toplam üretimi olan yağlı tohumlar arasında sırasıyla en fazla ayçiçeği yetiştirilmiştir. Ülkemizin hemen her bölgesinde ayçiçeği tarımı yapılmasına rağmen, ekili alanlarının önemli bir kısmı Trakya Bölgesi’nde yer almaktadır. Türkiye toplam ayçiçeği ekim alanlarının son 10 yılda ortalaması aşağıdaki grafikteki gibidir; söz konusu illerin son 10 yılın ortalaması üretimleri toplamı, ülke üretiminin %52,5’i olan 600.000 tonu oluşturmaktadır (Yılmaz 2017).

Ayçiçeği bitkisi bahçelerde kesme çiçek ve süs bitkisi olarak, tohumları pastane mamullerinde, ekmeklerde, süsleme ve dekorasyon malzemesi, kuş yemi, hayvan yemi (küsperi), yemeklik yağ, sabun, boya ve yakıt olarak kullanılmaktadır (Besler 2001, Akbulut 2012, Kavakoğlu ve Okur 2014).

Ülkemizde de yağlık ve çerezlik olmak üzere üretimi yapılan ayçiçeğinden en çok yağlık talep alınmaktadır. Türkiye yağlık ayçiçeği ihtiyacını en fazla trakya bölgesi karşılamaktadır. Sulak alanlarda ayçiçeği verimi en üst düzeye ulaşmaktadır. Dünyada ayçiçeği üretimi yıllık yaklaşık olarak 23 milyon tona ulaşırken ülkemizde 900 bin ton üretim yapılmaktadır. Ülkemiz bu veriler ışığında dünyada ilk on ülke arasına

girmektedir. Üretimlerimiz ihtiyacımızın tamamını karşılayamadığından ithalat yapılmaktadır. İthalatın çoğu ABD'den Dakota ve Nevada tipi çerezlikler olup az miktarda da İsrail, Macaristan ve Kanada gibi ülkelerden 4-5 milyon \$ maliyet ile 6-12 bin ton ürün alınmaktadır (Ergen ve Sağlam 2005, Kıvrak 2015, Gürkan 2016).

2.3 Ayçiçek Yağı Kimyasal Bileşenleri

Ayçiçeği tohumlarının bazı bileşenleri; kabuk, iç, nem ve yağdır. Bu tohumlardan %50'ye yakın yağ elde edilmektedir (Anonim 2015). Ayçiçeğinin türü ve yetiştiği bölge, tohumda genel bileşimi özellikle de yağ asidi bileşimini etkilemektedir. Ayçiçeği tohumlarından yağ elde etmek için mekanik sıkma ve ayırma işlemleri gerçekleştirilir. Besleyici özelliği, hoş kokusu ve çok lezzetli tadı sayesinde dünyanın en çok tercih edilen bitkisel yağıdır. A ve D vitaminleri ile bağışıklık için çok önemli olan K vitaminini barındıran ayçiçek yağı yüksek iyot değerine sahiptir. Steroller, hidrokarbonlar ve vakslar gibi sabunlaşmayan maddeler içerir (Kurşun 2002). Besleyici değeri açısından zeytinyağına yakın olan ayçiçeği yağı taze olarak elde edilen birinci sınıf soluk sarı renkte bir sıvı olup lezzetli ve hoş bir kokuya sahiptir. Ayçiçeği yağının titre bulanma derecesi 17–20°C, donma derecesi -17,-18°C'dir (Kıvrak 2015). Ayçiçeği tohumlarından elde edilen yağ doymuş yağ asitleri (palmitik, stearik), tekli doymamış yağ asidi (oleik), çoklu doymamış yağ asidi ve çoğunlukla linoleik asit ile iz miktarda linolenik asit içermektedir (Lacombe and Berville 2001).

Ayçiçeği tohumlarından, tohumundan yağ elde edilen diğer bitkilere (soya, çığıt, yer fıstığı vb.) oranla en fazla doymamış yağ içeren yağlı tohuma sahip bir bitkidir. Ayçiçek yağı %60'tan fazla linoleik asit oranına sahiptir. İçerdiği diğer asitler (araşidik, behenik ve lignoserik) oldukça düşük miktardadır. Yarı kuruyan yağ olarak tanımlanan ayçiçek yağı alkit reçinelerinde fazlaca kullanılan, kalıcı rengi ve esneklik özelliği ile çok özel bir yağdır (Anonim 2013).

Kilogram başına, diğer bitkisel yağlara nazaran en fazla doymamış yağ içeren ayçiçek yağının doymuş yağ oranı oldukça azdır. Tohumlarından elde edilen yağda tokoferol en fazla α -tokoferol şeklinde olup insan sağlığı için çok önemlidir. Bitkisel yağlar

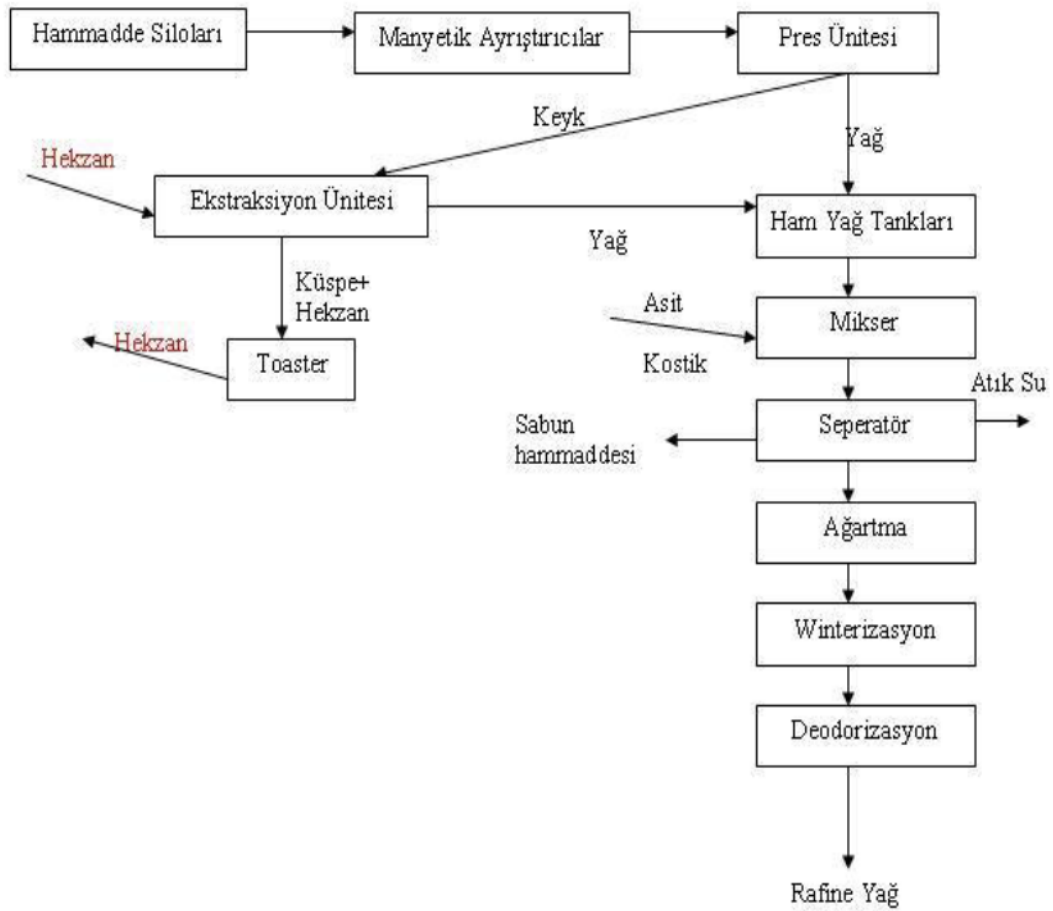
içerisinde E vitamini bakımından en zengin yağdır. Ayçiçeği yağı hafif bir tad, hoş koku ve rafinasyondan önce kehribar rengi, rafinasyon sonrası açık sarı renge sahiptir. Oksidasyona duyarlı olan bu bitkisel yağ dünya çapında ekonomik öneme sahiptir (Anjum 2006).

2.4 Ayçiçek Yağının Rafinasyonu

Tüketime uygun bitkisel yağların elde edilmesi için gereken kimyasal ya da fiziksel rafinasyonun amacı, istenmeyen maddelerin yağdan arındırılması ve bu işlemler yapılırken mümkün olan en az yağ kaybı ve faydalı bileşenlerin en az zararla kurtarılmasıdır (Ferrari *et al.* 1996). Ülkemizde ayçiçeği tohumlarından ham yağ eldesi için uygulanan yöntemler (mekanik sıkma), ön presleme (mekanik sıkma ve ekstraksiyon), direkt ekstraksiyon yöntemleridir. Presleme yöntemi en eski yöntemdir ve ilk kez yağ edildiği zamanlardan bu yana kullanılmaktadır. Bu yöntemin dezavantajı ise küspede kalan yağ miktarının fazlalığıdır. İkinci yöntem olan ön preslemede ise tohumlar önce 2-5 katlı tavalarda kavrulur sonra değirmenlerde ezilip preslemeye gider. Yüksek verim için iki aşamalı sıkma uygulanmaktadır (Anonim 2014).

Bitkisel yağlarda tüketicinin isteği; berrak görüntülü, hoş kokulu, serbest yağ asitlerinden arındırılmış lezzetli ve sağlığa uygun rafine edilmiş, kaliteli bitkisel yağ almaktır. Yağlı tohumlardan yağ eldesinden önce hazırlık aşaması yapılmaktadır. Bu ön aşamada tohumların kabukları kırılır, farklı yapıda ki tohumlar ayrılır, temizleme işlemleri gerçekleştirilir. Temizleme aşaması, hammaddenin kum, taş, metalik parçalar, bitki kalıntıları vb. yabancı maddeler içerebileceğinden yapılmaktadır. Ön hazırlıkta temizleme, kabuklardan arınma, pulcuklar haline getirme ve kavurma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Tohumu yabancı maddelerden temizleme aşamasında, yabancı maddelerin fiziksel özelliklerinden faydalanılmaktadır. Yabancı maddenin temizlenmesinde iriliğine göre elekler kullanılır, yabancı maddenin şekil farkından dolayı ayırmak için triyörler, yoğunluk farkına dayalı ayırım için pnömatik (havalı) ayırıcılar, metal parçaçıklar için mıknatıs sistemleri kullanılmaktadır. İçeriğindeki serbest asitlerin nötrleştirilmesi ile bitkisel ve hayvansal yağlar, süzme, renk ve koku giderme ve gerektiğinde hidrojenlendirme (katılaştırma) işlemleri uygulanarak rafine edilmektedir (İnt.Kyn.2).

Ayçiçeği gibi bitkisel yağların kalitesi ve yağ asitlerinin dengesi, minör bileşenleri waks miktarı gibi etmenlerden etkilenir. Yağda bulunan vaksların arındırılması viskoziteden dolayı zor bir işlemdir. Kristal hale gelen bu mumsu yapılar yağda görüntüsü hoş olmayan bulanık bir görüntüye sebep olur. Hem sağlık hem ticaret anlamında soruna sebep olan bu mumsu maddeler ve istenmeyen diğer safsızlıklardan rafinasyon sırasında kısmen kurtulabilir. Ayçiçek yağı, belirli sıcaklık değerleri kullanılarak soğuklama, buharlama gibi farklı yöntemler ile kullanıma hazır hale getirilir (Carelli 2002, Hwang 2005).



Şekil 2.1 Bitkisel yağların rafinasyon aşamaları (İnt.Kyn.2).

Ham yağda kimyasal rafinasyon işlemi ile yapılmak istenen koyu sarı rengin açılması, kokunun, yapışkan maddelerin ve asitliğin giderilmesi işlemleridir. Fiziksel rafinasyonda ise ilk aşama ile yapışkan maddeler giderilmek istenir. Hemen ardından renk açıcı işlemlere geçilir. En son aşama ile de nötralizasyon ve deodorizasyon

işlemleri yüksek sıcaklık altında tek işlemde vakumlu ortamda su buharı destilasyonu ile yapılmaktadır (Anonim 2014).

İnsanların tüketimine uygunluğunu sağlamak adına istenmeyen bileşiklerin çıkarılması için bitkisel yağlara uygulanan işlemlerde; nötralizasyon ile güçlü alkali çözeltileri kullanarak geleneksel kimyasal ve fiziksel arıtma yöntemleri, ağartma sırasında aktifleştirilmiş killeri ve koku giderme sırasında yüksek sıcaklık / düşük basınç koşulları sağlanarak rafine yağlar elde edilir (Gazani and Marangoni 2013). Bitkisel yağların rafinasyon aşamaları şekil 2.1’de görüldüğü gibi gerçekleşmektedir.

2.4.1 Rafinasyon Aşamaları

2.4.1.1 Degumming – Nötralizasyon

Ham yağlar solvent ekstraksiyonu veya hidrolik presleme yöntemleri ile bitkilerden elde edilmektedir (Parker and Mernick 1966). Ham yağ nemli, safsızlıkları olan, fosfatidler, serbest yağ asitleri, renk maddeleri, demir, bakır gibi iz maddeler içerir (Helme 1984). Rafinasyon aşamalarının ilki, ham yağın barındırdığı fosfolipit, gamlar ve proteinler gibi yapışkan maddeleri ayrıştırmak için uygulanan degumming safhasıdır. Ayçiçek yağının fiziksel rafinasyon aşamalarında degumming işlemi nötralizasyon ile birlikte yapılmaktadır. Hidratlanan ham yağda çözünmeden geriye kalan istenmeyen maddeler asit uygulaması ile uzaklaştırılmaktadır. Rafinasyonda esas amaç; safsızlıklardan kurtulurken aynı zamanda yağ kayıplarını en aza indirmek ve trigliserit, tokoferol, ve yağda bulunmasında sakınca olmayan safsızlıkları mümkün olan en az zararıyla korumaktır (Çalışkan 2008). Ham yağın 80°C’ye kadar ısıtılıp sodyum hidroksit ile muamelesi sonucu sabunlaşan maddelerin bir kısmı, yıkama ile sabunun kalan kısmı temizlenmiş olur (Kıvrak 2015). Teasdale ve Mag (1973) çalışmasında, nötralizasyon işlemiyle yağların serbest yağ asitliğinde büyük oranda azalma olduğunu belirlemişlerdir.

2.4.1.2 Ağartma

Rafinasyonda, nötralizasyondan sonraki adım beyazlatma ya da ağartma da denilen işlemdir. Ağartma işlemi ile yağda bulunan çeşitli konsantrasyonlardaki renk veren maddeleri (pigment) yok etmek için çok yüksek sıcaklıkta, vakum altında, asitle yıkanmış bentonit (beyaz kil) ile muamele edilmesidir. Bentonit gıda sektöründe şarapların inceltilmesi, elma sularının renginin açılması, şurup yapımı gibi işlemlerde de kullanılan aktif kildir. Beyazlatma işlemi safsızlıklardan kurtulmanın yanı sıra tüketicinin aradığı açık hoş rengi de sunmaktadır. Ağartma işleminin başarısı, yağın sıcaklığına, vakum altında karıştırılan mikserin hızına ve tüm bu işlemlerin son basamağı olan yağın topraktan süzme yöntemiyle ayrılmasına bağlıdır (Ertürk 1999).

2.4.1.3 Vinterizasyon

Bleaching (ağartma) işlemini vinterizasyon aşaması takip eder. Vinterize ünitesindeki yağ filtre yardımcı malzemesi olan perlit ile karıştırılıp sırasıyla 3 tanktan geçerek yavaş yavaş 5-6°C'ye kadar soğutulur. Yaklaşık 5-6°C'ye düşürülen sıcaklık ile amaç yağın barındırdığı vaks, gliserin ve stearin kristallerini elde edip filtreleyerek yağdan uzaklaştırmaktır. Perlit (süzme işlemlerinde kullanılan bir tür volkanik taş) sayesinde mumsu maddeler ve stearinler filtre yüzeyine yapışırlar. Meydana gelen yeni yan ürün perlit çamuru denilen ve ilgili firmalara satılabilen ticari bir üründür (Anonim 2013).

2.4.1.4 Deodorizasyon

Deodorizasyon işlemi rafinasyonun son aşamasıdır ve bu işlem ile yağda istenmeyen kokuya sebep olan aldehitler ketonlar, kötü tad, bulanık görüntü tamamen giderilmiş olur. Kimyasal ve fiziksel rafinasyonda ortak olan bu aşama yağı sabunlaşan ve sabunlaşmayan maddelerden, oksidasyon sonucu meydana gelen maddelerden ayırmış olur. Kimyasal deodorizasyon aşaması yaklaşık 30 dakika sürerken fiziksel deodorizasyon 60 dakika'ya kadar devam etmekte ve daha yüksek sıcaklık altında düşük basınçta yapılmaktadır. Tüm bu işlemler neticesinde yağdan ayrılan tokoferoller, sukualen ve stearatlar, gliseritler (mono, di, tri), bioaktif bileşenler olup farmakolojik,

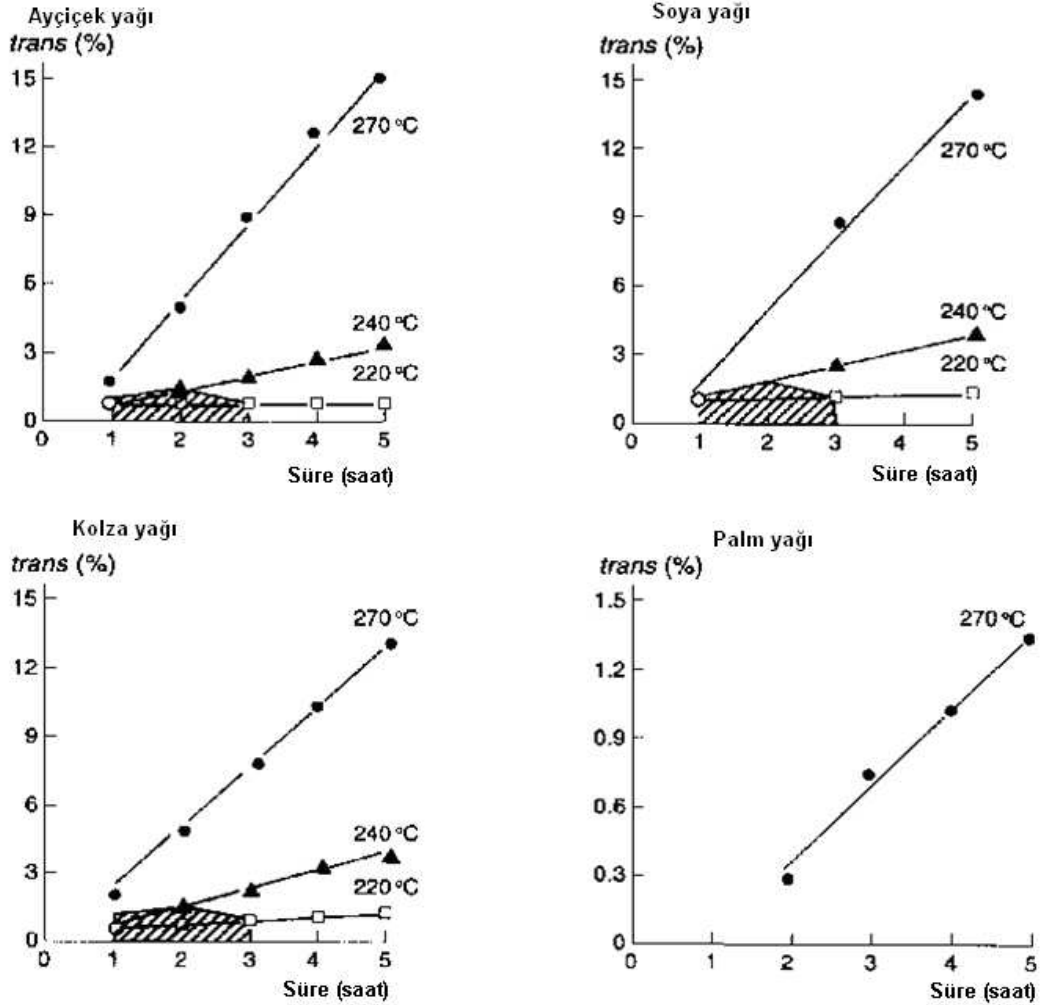
kozmetik ve gıda katkı maddesi olarak ekonomik değere sahip ürünlerdir (Yemişçioğlu vd.. 2013).

Bitki yağlarının en önemli bileşeni trigliseritlerdir. Serbest yağ asitleri, monoaçilgliseroller, diaçilgliseroller, fosfolipidler, bitkisel steroller, fenolik bileşikler, triterpenler, tokoller (tokoferoller, tokotrienoller), hidrokarbonlar (skualen, karotenler vb.), demir, sülfür, bakır gibi iz metaller, oksidasyon ürünleri, gamlar, vakslar, belirli bir miktar pestisit, tat ve koku veren minör bileşenler içermektedir. Bu bileşenlerden; tokoller, fenolik maddeler, bitkisel steroller, karotenler ve skualen yağda bulunan en önemli biyoaktif bileşenlerdir. Bitkisel yağlardan ayçiçek yağı yüksek miktarda tokoferol içermektedir. Kampesterol, sitosterol ve stigmasterol gibi steroller her bitkisel yağ için kimlik numarası özelliği taşımakla taşıyış önlemede büyük yardımcıdır. Sterollerin kötü kolesterolü düşürücü ve kanserden koruyucu etkileri de mevcuttur. Alifatik-terpenik hidrokarbonlar, uçucu hidrokarbonlar, düşük molekül ağırlıklı aromatik hidrokarbonlar, steroidal hidrokarbonlar, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, skualen ve türevleri ile karotenler de bitkisel yağlarda bulunan hidrokarbonlardır (Yemişçioğlu vd.. 2016, Cert *et al.* 2000).

Soya, yer fıstığı, mısır, ayçiçeği gibi bitkilerden elde edilen bitkisel yağların endüstriyel rafinasyon sırasında ağartma ve özellikle deodorizasyon aşamalarında yüksek ısıya maruz kalması sonucu trigliserit oligopolimerler oluşmaktadır (Gomes *et al.* 2003). Pirinç kepeği yağı rafinasyon işlemleri sırasında istenmeyen maddelerden arınırken faydalı olanların da kayba uğradığı görülmüş ancak tokoferol ve orizanol miktarlarının yüksek olması nedeniyle oksidatif stabilite gözlenmiştir (Yoon and Kim 1994).

Uygun muhafaza koşulları sağlanmadığında rafinasyon aşamaları tamamlanmış yağlar oksidasyon sonucunda oluşan aldehit, keton ve küçük moleküllu yağ asitleri nedeniyle tüketilemez hale gelir. Yağda bulunan vitaminler ve en önemli yağ asidi linoleik asit parçalanan yağın besleyici değeri azalır. Tüm bunların önüne geçmek için uzun yıllardır kullanılan ambalajlama yöntemleri kullanılmaktadır. Bitkisel sıvı yağlar için teneke, cam ya da plastik ambalajlar üretilmektedir. Aynı seride üretilen yağların, saklama koşulları farklı olduğu için her tüketiciye aynı kalitede ulaştırılamamaktadır. Yağın elde

edildiği bitkinin özellikleri, ortamdaki ısı ve ışık kaynakları vb. durumlar yağı etkilemektedir (Sinağ ve Fenercioğlu 1994). Şekil 2.2’de ayçiçek yağı, soya yağı, kolza yağı ve palm yağı deodorizasyon aşamasında süre ve sıcaklığa bağlı olarak trans yağ asitlerinin oluştuğu görülmektedir.



Şekil 2.2 Deodorizasyon aşamasında süre ve sıcaklığa bağlı trans yağ asidi oluşumu (Çalışkan 2008).

Rafine bitkisel sıvı yağ üretimi zeytinyağı dışındaki çok sayıda bitkisel kökenli rafine sıvı yağ türünü kapsamaktadır. Söz konusu yağ türleri, tohum yağları olarak da anılmaktadır. Gıda Kodeksi “Yemelik Rafine Bitkisel Yağlar Tebliği’nde, ülkemizde üretime konu olmayanlarla birlikte rafinasyon işlemi sonucunda üretilen ayçiçek yağlarının gıda olarak tüketilebilirliğinin uygunluğu yukarıda bahsettiğimiz Türk Gıda

Kodeksi "Yemeklik Rafine Bitkisel Yağlar Tebliği"ne göre yapılmakta olup toplam 17 değişik yağ türü yer almaktadır (Tosun 2003).

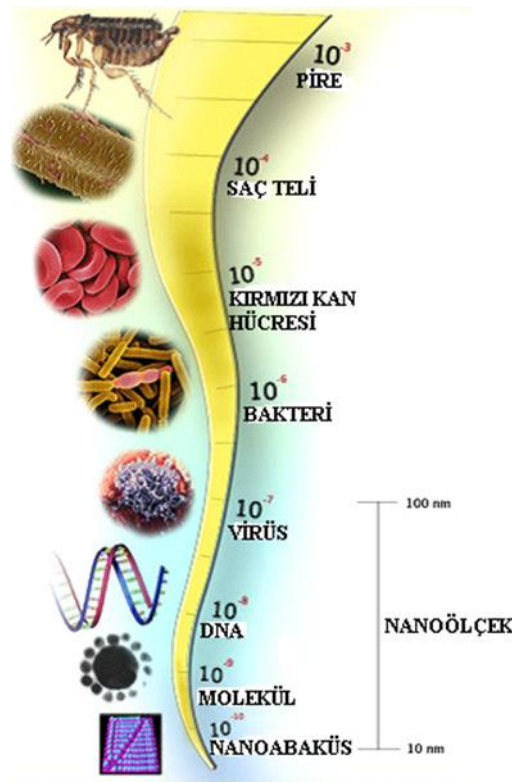
2.5 Nanobilim / Nanoteknoloji

İçinde bulunduğumuz yüzyıl teknolojinin son derece hızlı geliştiği ve büyük değişimlerin yaşandığı, insanlık için önemli bir zaman dilimidir. Günlük hayatı kolaylaştırmanın yanında sağlık, çevre, gıda vb. tüm konular teknoloji sayesinde yeni boyutlara taşınmaktadır. Teknolojinin en küçük boyutla ilgilenen en önemli alanı ise nanoteknolojidir. Nanoteknoloji nanoboyutta yani metrenin milyarda biri büyüklüğünde çalışmalar yapmaktadır. Bu boyutu anlamak için günlük hayattan bir kaç örnek vermek gerekirse bir kağıdın yüzeyi 100 000 nm kalınlıkta, bir alyuvar 2000 nm- 5000 nm boyutunda, bir kara sinek bir milyon nanometre, DNA çapı yaklaşık 2 nm- 2,5 nm aralığındadır. Nanoboyut görünür ışığın dörtte biri oranındadır ve virüslerin boyutu ile DNA yarıçapı da nanoboyuttadır ancak atomlar nanoboyuttan küçüktür. Şekil 2.3'de farklı nesnelerin nanoboyutla kıyaslanması görülmektedir. Nanobilim/ Nanoteknoloji maddelerin var olan boyutlarını daha küçük, daha hafif, kullanışlı, pratik, daha iletken, daha yalıtkan, uzun ömürlü gibi özellikler kazandırmak istediğimiz bilim alanıdır. Nanoteknoloji nanoboyutta malzemeler, bunların sentezi ve uygulamaları ile ilgilenen bir bilim dalı olduğundan diğer bilim dalları ile içiçedir. Biyoloji, mühendislik, eczacılık, tıp, gıda fizik, kimya gibi her bilim dalı nanoteknolojide kendisine çalışma alanı bulabilir (Özer 2008, Dingman 2008, Erkoç 2014).

Nanoteknoloji çalışmaları en fazla gıda sektöründe yapılmaktadır. Çünkü artan dünya nüfusu ile kıtlık tehlikesi her geçen yıl daha büyük tehdit haline gelmektedir (İlyasoğlu ve Özçelik 2008). Şekil 2.4'de gıda bilimi ve teknolojisinde nanoteknolojinin uygulama matrisi görülmektedir.

Gıda bilimi gıdaların doğasını, bozulmasının nedenlerini ve gıda işlemenin temelini oluşturan ilkeleri incelemek için biyolojinin, fizik bilimlerinin ve mühendisliğin kullanıldığı bir disiplindir, gıda teknolojisi ise bu disiplinin uygulaması olarak tanımlanabilir. Gıda bilimi ve teknolojisinin geleneksel yöntemleri güvenli, besleyici ve

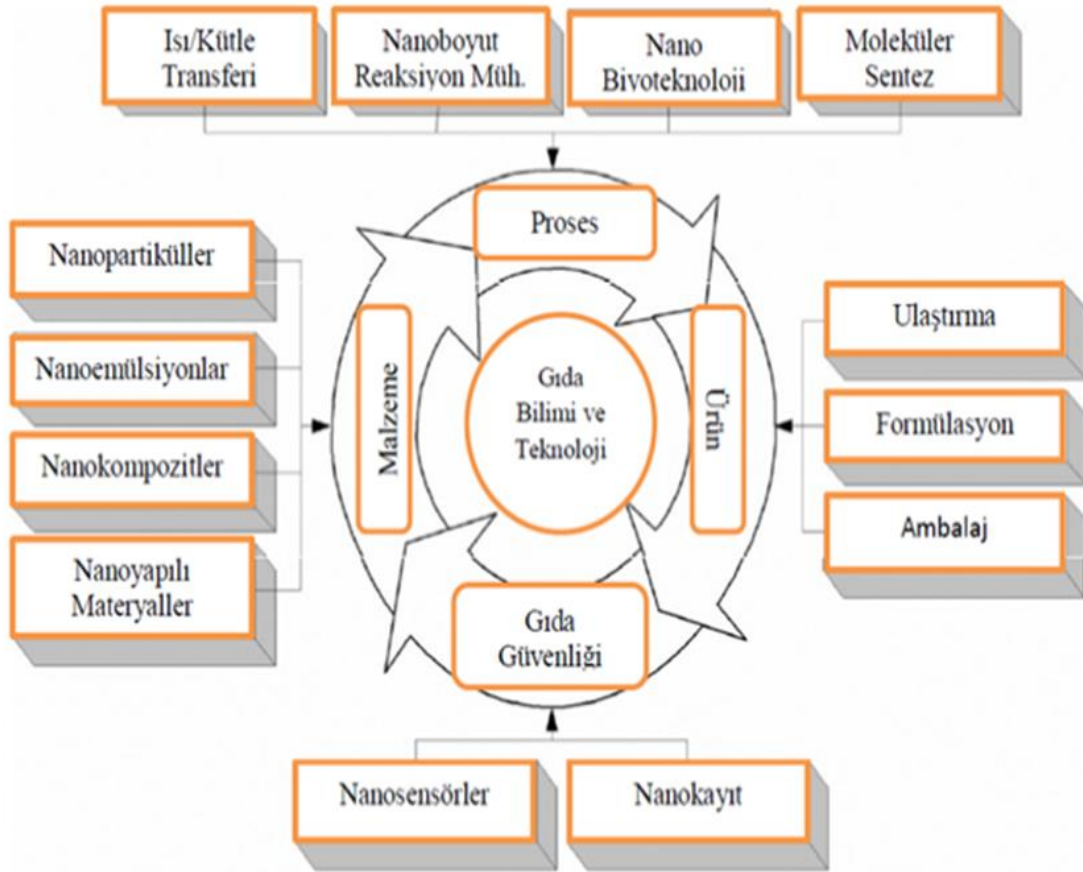
günlük diyetimiz için sağlıklı gıdaların seçimi, muhafazası, işlenmesi, paketlenmesi, dağıtımı ve kullanımı ile mikrodalga yemekler, yiyecekleri daha uzun süre taze tutan ambalajları bizlere sağlamaktadır. Ancak nanoteknoloji, bu avantajları artırma ve değiştirme potansiyeline sahiptir. Çünkü pek çok gıdanın özellikleri, yapıları nanoboyutta değişmektedir. Nanoteknoloji ile çözeltilerin, dispersiyonların, emülsiyonların, jellerin, polimerik matrislerin ve diğer nanomalzemelerin nanoküre özelliklerini kontrol etme yeteneği ile daha sağlıklı, daha lezzetli ve daha güvenli gıdalara ve gıda paketlenmesindeki gelişmelere ulaşılabilmektedir (Chun 2009).



Şekil 2.3 Nanoboyutta abaküsten makroboyutta pireye kadar farklı nesnelerin büyüklükleri (Meeto 2011).

Nanoteknolojide amaç çiftlikten sofraya gıdaların patojenlerden, kontaminantlardan korunarak, tazeliğinin ve lezzetinin muhafaza edilip, son tüketim tarihinin olabildiğince ötelenerek raf ömrünün uzatılmasıdır. Günümüzde nanosensörler, suda kolayca çözünebilir nanopestisitler, akıllı paketler, nanoparçacıklar içeren ambalaj malzemeleri, nanoboyutta gıda katkı maddeleri gibi pek çok ürün hayatımıza girmiştir (İlyasoğlu ve Özçelik 2008). Nanogıda elde etmek için karbonhidratlar, proteinler ve yağlar kullanılabilirler. Bu nano yapılar, çok küçük boyutları nedeniyle hücre zarından

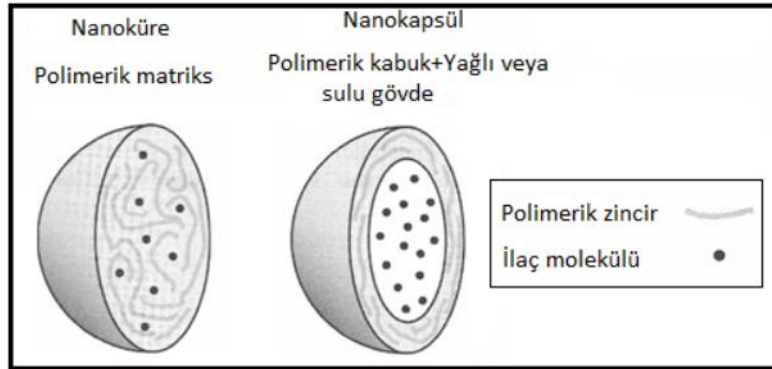
geçebilmektedirler. Gıda makromoleküllerinden oluşturulan nanoemülsiyonlar, biyopolimerik nanoparçacıklar, nanokompozitler, nanofiberler, nanotüpler ve nanosensörler çeşitli amaçlarla gıda uygulamalarında kullanılabilir özelliğine sahiptirler. Protein ve karbonhidrat kaynaklı polimerlerden elde edilen nanoparçacıklar da, enkapsülasyon amaçlı kullanımlarıyla, önemli taşıma ve iletim sistemlerinden birini oluşturmaktadırlar. Nanogıda uygulamaları gıda işleme ve fonksiyonel ürün geliştirme, biyoaktif maddelerin ve nutrasötiklerin taşınması ve kontrollü salınımı, patojenlerin tesbiti ve gıda güvenliğinin artırılması, ürün kalitesi ve raf ömrünün artırılması için paketleme sistemlerinin geliştirilmesi olarak sıralanabilir (Leela and Vivekananda 2008, Gökmen vd.. 2012).



Şekil 2.4 Gıda bilimi ve teknolojisinde nanoteknolojinin uygulama matrisi (Ozimek *et al.*2010).

Nano bazlı dedektörlerin, sensörlerin ve etiketlemenin getirilmesiyle de potansiyel olarak fayda sağlanacaktır. Nanoteknoloji çalışmaları yürüten bazı ülkelerde nanoyapılar gıda takviyeleri ve gıda ambalajlarında zaten kullanılmaktadır. Bunlar

nanokiller, difüzyon bariyerleri ve antimikrobiyal özellikli nanogümüş ajanlardır (Tiede 2008, Cushen 2012). Nanoteknoloji, gıda teknolojisinde yenilebilir film-yenilebilir kaplama da denilen laminat filmler üretme imkanı vermiştir. Nanolaminatlar, fiziksel olarak veya kimyasal olarak birbirine bağlanmış nanoboyutta iki veya daha fazla katmandan oluşur. Nanolaminatlar günümüzde meyveler, sebzeler, etler, çikolata, şekerleme, unlu mamuller ve patates kızartması gibi çok çeşitli gıdalarda kullanılmaktadır. Nanolaminatlar nem, lipid ve gaz bariyeri olarak kullanılabilir. Ayrıca gıdaların dokusal özelliklerini iyileştirebilir veya renkler, aromalar, antioksidanlar, besinler ve antimikrobiyaller gibi fonksiyonel maddelerin taşıyıcıları olarak görev yapabilirler. Yenilebilir kaplamaların ve filmlerin temel işlevsel özellikleri, hazırlanması için kullanılan film oluşturuca materyallerin özelliklerine bağlıdır (Ozimek 2010, Weir 2012). Nanokompozit uygulamalarının amacı, yenilebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir filmlerin kullanımını genişletmektir. Nanokompozitler işlenmiş gıdalarda ambalaj atıklarının azaltılmasına yardımcı olmak ve raf ömrünü uzatarak taze gıdaların muhafazasını desteklemek, inorganik parçacıkların renk ve koku gibi bir çok işlevinin ortaya çıkartılması ve aynı zamanda ilaçların veya mantar ilaçlarının kontrollü salınım fonksiyonları için rezervuar gibi davranabilirler (Sorrentino 2007).



Şekil 2.5 Nanoküre ve nanokapsül yapılar (Derma 2013).

Nanogıda çalışmalarında gıdalara eklenen nanoyapılar ile elde edilmek istenen yenilikler besleyici değerin artışı, farklı aroma, tad, renk, ürün kalitesinin korunması gibi duyuşal ve mekanik özelliklerdir (Dağ 2014).

Dünya çapında nanoteknoloji ürünlerinin gıda ve içecek paketleme sektörüne olan katkısı 2002’de 150 milyon dolardan 2004’te 860 milyona yükseldiği ifade

edilmektedir. Yakın zamanda nanoteknolojinin gıda alanında uygulanmasının piyasa satış değerinin 20,4 milyar dolara yükselmesi beklenmektedir. 2004'te, dünya genelinde gıda endüstrisinde 180'den fazla nanoteknoloji uygulaması geliştirilmiştir. Mart 2006 itibarıyla yapılan bir ankette nanoteknoloji tabanlı tüketici ürünlerinin, 200 üreticinin nanoürünlerinin şu an pazarda mevcut olduğunu ve ürünlerin yaklaşık %59 yiyecek-içecek ve %9 sağlık ve spor ürünlerinden oluştuğu belirtilmiştir. Dünya'da, nanogıda alanında yeni geliştirilen uygulamaların sayısı hızla artmaktadır. Nanoteknolojinin gıda ve ilgili endüstrilerdeki bazı uygulamalarını tanıtmışlardır. Nanoteknoloji araştırmalarının bazı yeni örnekleri, nanoürünler ve nanoteknolojinin gıda endüstrisi ile ilişkili uygulamaları arasında su arıtımı, hücre duvarını aşarak yavaş salınımlı nutrasötikler, mikro kapsülleme, deodorizasyon, dezenfektanlar, antimikrobiyal ve antifungal işlevler ve raf ömrünün uzaması gibi geniş bir uygulama alanı olan başarılı çalışmaları içermektedir. Nanoteknoloji uygulamaları gıda işleme, nutrasötik dağıtım, güvenli paketlenme ve kontaminasyon algılama gibi birçok kategoriye ayrılır; bu çalışmalarda birçok farklı malzeme türü (örn. membran, şekil 2.5'de görüldüğü gibi nanokapsül ve nanoküre, nanoemülsiyon, lipozomal nanovezikül, nanopartikül, nanotüp, nanosfer, nanoseramik malzeme, nanokil veya nanotel) kullanılmıştır (Chau 2007).

Nanoteknoloji ile üretilen aktif kanola yağının vücuda alınan kolesterol oranını %14 azalttığı öne sürülmüştür. Nanoteknoloji Ar&Ge çalışmaları yürüten bazı şirketler, vücut tarafından kolay emilen ve uzun raf ömrüne sahip nanogıdaları ve nanokatki maddelerini oluşturmayı amaçlamaktadır. Bir çikolata üreticisi nanogıda teknolojisi ile titanyum kaplı çikolatanın kızgın güneş ışığı altında ve 40°C sıcaklıklarda erimeden dayanmasını sağlamıştır. Nanomalzemelerin içerisine doldurulan TiO₂ ile kakao kreminin içerisine yerleştirilmektedir. Isı artışıyla etkisini göstermeye başlayan nanoyapı koruyucu bir tabaka oluşturarak çikolatanın erimesini önlemektedir. Kızartma yağının içerisine yerleştirilen seramik yüklü nanoparçacıklar ise sıcaklıkla birlikte açığa çıkarak ısının yükseldikçe harekete geçen seramik parçacıklar yağın içerisine atılan gıdaların yüzeyine yapışarak koruyucu bir tabaka meydana getirip yağın fazlaca emilmesini önlemektedir (Yalçın 2010).

3. MATERYAL ve METOD

Bu çalışmada, Türkiye’de işlenen ayçiçeği tohumlarından elde edilen ayçiçek yağının rafinasyon aşamalarındaki ham yağ, nötralizasyon, ağartma, vinterizasyon ve deodorizasyon basamaklarının herbirinin fizikokimyasal özellikleri ve nanoboyutta safsızlıklarının tespiti için, serbest yağ asitleri değeri, peroksit değeri, refraktif indeks değeri, viskozite, renk tayini, sabunlaşma ve sabunlaşmayan madde analizi, sterol analizi, yağ asitleri kompozisyonu, mineral madde analizi ve SEM analizleri yapılmıştır.

3.1 Çalışma Materyalinin Temini

Araştırmada kullanılan ayçiçek yağı rafinasyon aşamalarının numuneleri Balıkesir ilinde bulunan Kula Yağ Sanayii Tic. A.Ş’den temin edilmiştir. Numuneler aynı parti üründen olmak şartıyla rafinasyonun her aşamasından (ham yağ, nötralizasyon, ağartma, vinterizasyon, deodorizasyon) 500 ml’lik cam kavanozlara doldurulup alüminyum folyo ile sarılarak serin ve kuru yerde muhafaza edilmiştir.

3.2 Deneysel Metodlar

3.2.1 Serbest Yağ Asitliği (SYA) Sayısı

5 g veya 10 g örnek tartılıp 50 ml veya 150 ml etil alkol- dietil eter karışımında çözülmüş ve elde edilen çözelti fenol fitalein indikatörü eşliğinde 0,1 N KOH çözeltisi titre edilmiştir. SYA değeri mg KOH/g yağ cinsinden hesaplanmıştır (Nas 2001).

3.2.2 Peroksit Sayısı Analizi

AOCS’ nin Cd 8-53 standart metodu kullanılmıştır. 5 g yağ örneği üzerine 30 ml asetik asit-kloroform (3:2 v/v) ve 0,5 ml doymuş KI (Potasyum iyodür) ilave edilmiştir. Bir dakika karıştırma işleminden sonra üzerine 30 ml nişasta çözeltisi eklenerek ve karışım 0,01 N sodyum tiyosülfat ile sarı renk görülene kadar titre edilmiştir. Aynı işlem şahit

deney içinde numune kullanılmadan da yapılmış ve peroksit sayısı aşağıda belirtilen formüle göre, meq/kg yağ olarak hesaplanmıştır (İnt.Kyn.9).

$$\text{Peroksit Değeri} = \frac{(V_1 - V_0) \times N \times 1000}{m} = (V_1 - V_0) \times N \times 1000/m \quad (3.1)$$

V_0 : Şahit deneyindeki sodyum thiosülfat sarfiyatı (ml)

V_1 : Numune deneyindeki sodyum thiosülfat sarfiyatı (ml)

N : Sodyum thiosülfat çözeltisinin normalitesi

m : Test edilecek numune miktarı (gram)

3.2.3 Kırılma İndisi

Bir ortamın kırılma indisi ışığın boşluktaki hızının bu ortamdaki hızına oranıdır. Bu oran, havadan numune ortamına giren ışık demetinin düşey düzlem ile meydana gelen getirdiği havada ve bu ortamdaki açılarının sinüslerinin oranı olarak ölçülür. Kırılma indisi genellikle beyaz ışıkla ölçülür ve işaret olarak örneğin n_D^{20} kullanılır. Bu işaretle n , kırılma indisini, D sodyumun D ışığına göre verildiğini, tayinin 20°C 'de yapıldığını gösterir. Ayçiçek yağı numunelerinin kırılma indisleri Abbe refraktometresi ile tespit edilmiştir. Bu amaçla pipet yardımıyla alınan ayçiçek yağı numuneleri, refraktometrenin prizması üzerine dökülmüş ve 25°C okuma yapılmıştır (Anonim 1970).

3.2.4 Viskozite

Araştırmamızda elde edilen ayçiçek yağları numunelerinin 50 ml kadar alınarak ayrı ayrı viskozite kaplarına koyulmuş ve Vibro (SV-10) viskozimetresiyle 2°C sıcaklıkta viskoziteleri ölçülmüştür. Ölçümler, her bir tür ve varyetede ayçiçek yağı örneklerinde üç farklı okuma yapılarak gerçekleştirilmiştir (Lazaridou 2004).

3.2.5 Renk Tayini

Ayçiçek yağı rafinasyon aşamaları renk değerleri Lovibond Tintometresinde (Lovibond PFX-880L) 5,25 inç ölçüm kuvvetleri kullanılarak yapılmıştır. Her rafinasyon işleminden

sonra süzülerek ve santrifüjlenerek materyallerinin tamamen yağdan ayrılması sağlandıktan sonra oda sıcaklığında bulunan ağartılmış yağ numunelerinin renk değerleri tayin edilmiştir (Mehlenbacher *et al.* 1985).

3.2.6 Sabunlaşma Sayısı Analizi

AOCS'nin Cd 30-94 standart metodu kullanılmış ve sonuçlar aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (Anonim 1971).

$$\text{Sabunlaşma Sayısı (mg KOH/g yağ)} = \frac{(V_2 - V_1) \times N \times 0,561 \times 100}{m} \quad (3.2)$$

V_1 : Örnek için harcanan 0,5 N HCl çözeltisi (ml)

V_2 : Şahit için harcanan 0,5 N HCl çözeltisi (ml)

N : HCl'nin normalitesi

m : Örnek miktarı (g)

3.2.7 Sabunlaşmayan Madde Sayısı

TS 4963 sayılı standarda göre, her bir ayçiçek yağı numunesinden 2 ml alınarak üzerine 25 ml etanol ve 1,5 ml KOH çözeltisi ilave edilmiştir. Erlene geri soğutucu olarak takılarak, bir saat süre ile yavaşça kaynatılarak sabunlaştırılmıştır. Sulu ve etanollü faz sabunlaşmada kullanılan erlene, eter ekstraktı ise içinde 20 ml su bulunan ikinci bir ayırma hunisine alınmıştır. Birinci ayırma hunisinin ucu, eter ile yıkanır ve eter ikinci ayırma hunisine ilave edilmiştir. Sulu ve etanollü sabun çözeltisi her defasında 50 ml eter kullanılarak iki kez daha aynı şekilde ekstrakte edilmiş ve eter ekstraktları ikinci ayırma hunisine toplanmıştır. İçinde 20 ml su ve eter ekstratları toplanmış olan huni, fazla çalkalanmadan döndürülmüştür. Fazlar ayrıldıktan sonra su fazı akıtılmış ve eter fazı kuvvetle çalkalanarak iki defa 20 ml su ile yıkanmıştır. Eter fazı daha sonra 0,5 N KOH çözeltisi ve arkasından 20 ml su ile kuvvetlice çalkalanarak, bu işlem 3 defa tekrar edilmiştir. Ayırma hunisindeki eterli çözelti ağzı geniş erlene alınarak, huni eter ile yıkanmıştır. Daha sonra, eter erlene konularak yaklaşık 5 ml kalıncaya kadar buharlaştırılmıştır. Bu şekilde işlem yapılan erlen sıcaklığı 100°C ayarlanmış etüvde

kurutulmuş ve sabit ağırlığa ulaşmaya kadar 30 dakika da bir tartılmıştır. Erlenin içindekiler 2 ml eter ile çözülerek ve fenolftaleyn çözeltisi kullanılarak nötrale edilmiş 10 ml etanol ilave edilerek, 0,1 N alkollü NaOH ve KOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Ayrıca reaktifler için değer tespiti amacıyla yağ katılmadan şahit deney yapılmış ve miktar harcanan miktar tespit edilerek, aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Anonim 1989).

$$\text{Sabunlaşmayan maddeler } \%, (m/m) = \frac{(M_2 - M_1) \times 0,0282 \times 100}{m} \quad (3.3)$$

m: Numunenin kütlesi, g

M₁: Buharlaştırma kabının kütlesi, g

M₂: Buharlaştırma kabı ve bakiyenin kütlesi, g

3.2.8 Sterol Analizi

Araştırmamızda elde edilen ayçiçek yağı numunelerinin sterol analizi için öncelikle 2N KOH ve internal standart olarakta 1000 ppm 5- α -cholesterol-3- β -ol hazırlanmıştır. Daha sonra 0,5 g ayçiçek yağı numunesi alınarak üzerine 5 ml KOH ve 1ml internal standart olan 5- α -cholesterol-3- β -ol eklenmiştir. Elde edilen bu çözelti 80°C lik su banyosunda her 15 dk da bir karıştırılmak üzere 1 saat bekletilmiştir. 1 saat sonunda 5 ml su ilave edilir ve oda sıcaklığına kadar soğuması beklenmiştir. Soğutma işleminden sonra üzerine 5ml hegzan koyularak karıştırılır, meydana gelen faz ayırımında üst faz ayrı bir kaba alınmış ve hegzanı uçurmak için azot gazı kullanılmıştır. Bu işlemden sonra diğer fazın üzerine 5ml su koyularak vorteks karıştırıcıda karıştırılmıştır. Bu işlemde su altta kalmaktadır ve işlem 3 defa 5 ml hegzan koyulacak şekilde yapılmıştır. Daha sonra hexan 10ml'ye ulaşmaya kadar uçurulmuş ve hazırlanan numune 10 ml lik balon jöjelere alınmıştır. Örneklerin içerisinde su kalmasını engellemek için bir miktar sodyum sülfat kullanılmıştır. Sililendirme çözeltisi adı verilen çözelti ise 4 birim Bistrimethylsilyl-trifluoroacefanide ve 1 birim cholorotimethylsilane karıştırılmıştır. Son olarak 500 μ l daha önceden 10 ml'lik balon jöjelere hazırlanmış numunedan alınarak, üzerine 250 μ l sililendirme çözeltisi ve son olarakta 250 μ l pyridin katılarak,

kariştirilmiş ve elde edilen bu karişım 60°C etüvde 15 dk.bekletilerek GC'ye verilmiştir (Lenchner *et al.* 1999).

3.2.9 Yağ Asitleri Kompozisyonu

Ayçiçek yağlarının yağ asidi kompozisyonu, (1989a) AOCS 'de belirtilen yöntem doğrultusunda, yağ asidi metil esterleri, yağların potasyum hidroksit ve n-Heptane ile muamele edilmesi sonucu hazırlanmiş ve daha sonra gaz kromotografisi ile belirlenmiştir. Analizde SHIMADZU GC-14B markalı gaz kromotografisi kullanılmıştır (Hışıl 2004, Özkaya 1988). Kullanılan kolon ise RTX-2330 marka olup, 60 m uzunluğunda, 0,25 mm çapında ve 0.20 µm film kalınlığına sahiptir. Kullanılan metoda ait çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.

Sıcaklıklar

Kolon : 180°C

Enjeksiyon : 200°C

Dedektör : 200°C

Akış hızları

Taşıyıcı gaz (N₂) : 30 ml/dk.

Yanııcı gaz (H₂) : 28 ml/dk.

Kuru hava : 220 ml/dk.

Enjeksiyon miktarı : 1 µl

3.2.10 Mineral Madde Analizi

Yakma kabı içerisine konulan 0,5 g yağ üzerine 15 ml saf HNO₃ ilave edilerek, mikrodalga fırınında 200°C'de yakılmıştır. Çözelti hacmi 100 ml'ye ultra saf suyla seyreltilmiş ve külsüz filtre kâğıdından (Macherey-Nagel MN 640w, 110 mm çap, siyah bantlı) filtre edilmiştir. Hazırlanan örnekler Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer (ICP-AES) cihazında okunarak mineral maddelerin konsantrasyonları belirlenmiştir (Skujins 1998).

3.2.11 SEM Analizi

Bu analiz için ham ayçiçeği yağından rafine ayçiçeği yağına kadar rafinasyonun her aşamasından elde edilen ayçiçeği yağları direkt ve etanol ile muamele edilerek Wattman No:22 çaplı filtre kağından geçirilmiş ve filtre kağının yüzeyinde kalan safsızlıklar LEO 1430VP ikincil elektron mikroskobu ile SEM analizi yapılmıştır. İşlem sonucunda ayrıca RONTEC EDS (EDX) elementel kimyasal dedektörü kullanılarak tespit edilen safsızlıkların bileşenlerinin yarı kantitatif ölçümleri yapılmıştır.

3.2.12 Verilerin İstatistik Analizi

Araştırmada elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows 22.0 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistiksel yöntemleri olarak ortalama standart sapma kullanılmıştır. İki den fazla bağımsız grup arasında niceliksel sürekli verilerin karşılaştırılmasında Tek yönlü (One way) Anova testi kullanılmıştır. Anova testi sonrasında farklılıkları belirlemek üzere tamamlayıcı çoklu karşılaştırma analizi olarak LCD testi yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Serbest Yağ Asitleri (SYA) Değeri

Serbest yağ asitleri değeri (SYA) yağın yapısındaki trigliserit yapıya bağlı olmayıp serbest halde bulunan yağ asitlerini ifade eder. En fazla ham yağda bulunan serbest yağ asitleri, rafinasyon aşamaları ile en aza indirilir. Yağlarda asit sayısı, 1g yağın nütürleşmesi için gereken potasyum hidroksit veya sodyum hidroksitin mg olarak ağırlığıdır (Kuleaşan 2004).

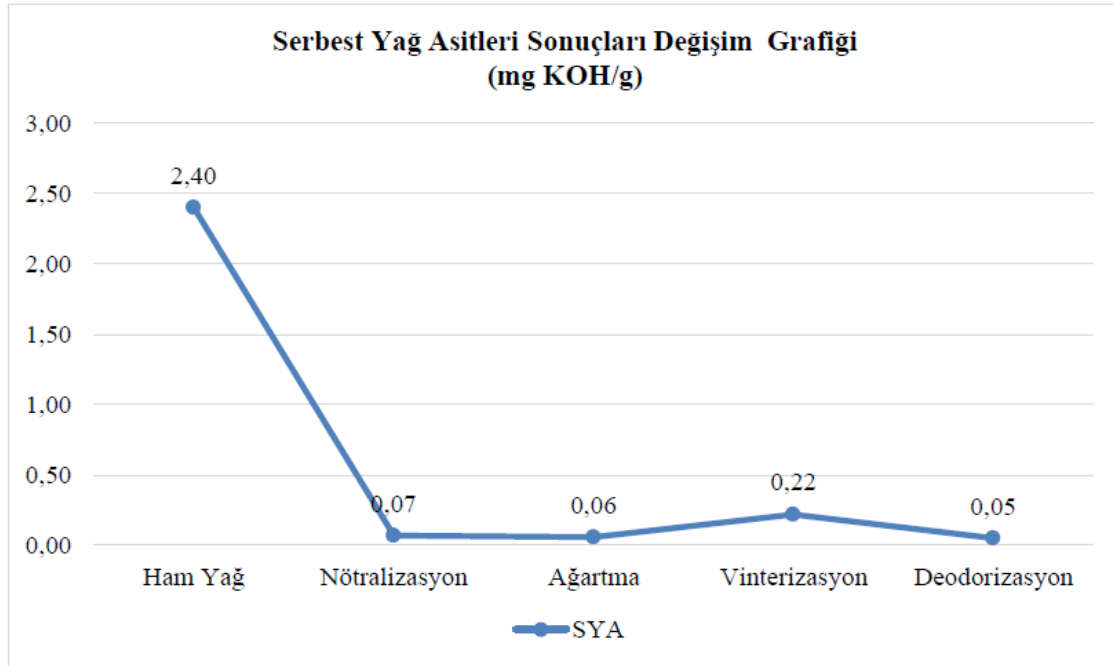
Çizelge 4.1 Serbest yağ asitleri istatistik analiz sonuçları.

Rafinasyon Aşamaları	S.Y.A (mg KOH/g)	Ortalama Standart Sapma (\pm)	P<0,001 Düzeyinde İstatistiki Fark
Ham Yağ ¹	2,40	0,300	
Nötralizasyon ²	0,07	0,002	1>2
Ağartma ³	0,06	0,001	1>3
Vinterizasyon ⁴	0,22	0,004	1>4
Deodorizasyon ⁵	0,05	0,003	1>5

¹⁻⁵Çizelge 4.1’de farklı sayılar ile işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p<0,001$) birbirinden farklıdır

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi ham ayçiçek yağının rafinasyon işlemi sonucu her aşamada serbest yağ asitliği değeri istatistiki olarak $p<0,001$ düzeyinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Ham ayçiçek yağının serbest yağ asitliği değeri rafinasyon öncesinde 2,40 mg KOH/g ($\pm 0,03$) iken nötralizasyon aşaması sonucunda 0,07 mg KOH/g ($\pm 0,002$), ağartma aşamasında 0,06 mg KOH/g ($\pm 0,001$), vinterizasyon aşamasında 0,22 mg KOH/g ($\pm 0,004$) ve deodorizasyon aşamasında 0,05 mg KOH/g ($\pm 0,003$) olarak tespit edilmiştir.

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi serbest yağ asitlik miktarı ham ayçiçek yağında en yüksek değerde (2,40) bulunurken rafinasyon aşamaları prosesinde giderek azalmış ve deodorize yağda en düşük (0,05) değerini almıştır.



Şekil 4.1 Serbest yağ asitleri sonuçları değişim grafiği.

4.2 Peroksit Değeri

Peroksit değeri yağların oksidasyonunda oluşan hidroperoksitlerin doğrudan ölçümüne dayanmaktadır (Bıyıklı 2009). Yağların kalitesini gösteren unsurlardan peroksit tayini, yağın acılığını yani bozulma halini göstermektedir. Yağdaki aktif oksijen miktarını ölçerek kilogram başına meq/kg değeri hesaplanmaktadır. Işık, sıcaklık, depolama şartları, metal iyonları vb. etmenler yağın bozulmasına neden olabilmektedir. Doymamış yağ asitleri oksijen varlığında parçalanarak küçük moleküllü yağ asitleri oluşabilmekte bu da kaliteyi etkilemektedir. Rafinasyonun son aşaması olan koku giderme işleminin doğru yapılması da peroksit sayısında etkilidir. Depolanmış yağların oksidasyonu peroksit tayini ile yapılmaktadır (Anonim 2014). Peroksit sayısının çok 10 meq/kg olmalıdır (İnt.Kyn.9).

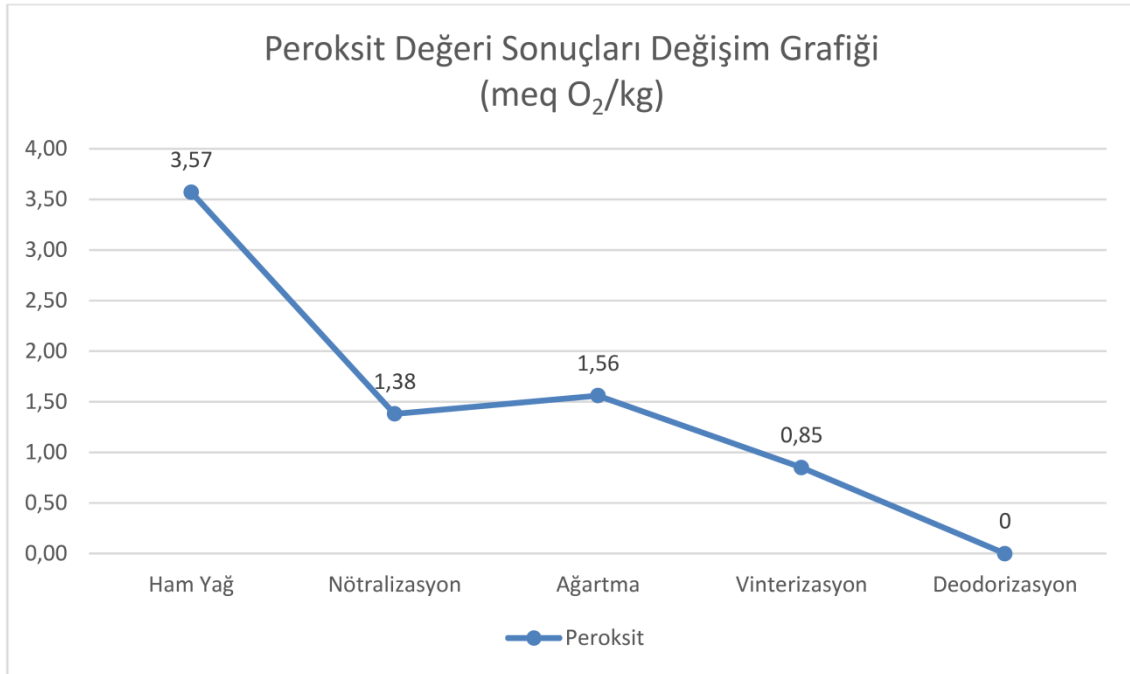
Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi ham ayçiçek yağının rafinasyon işlemi sonucu her aşamada peroksit sayısı değeri istatistiki olarak $p < 0,01$ düzeyinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Ham ayçiçek yağının peroksit sayısı değeri rafinasyon öncesinde 3,57 meq O_2/kg ($\pm 0,30$) iken nötralizasyon aşaması sonucunda 1,38 meq O_2/kg ($\pm 0,20$),

ağartma aşamasında 1,56 meq O₂/kg ($\pm 0,10$), vinterizasyon aşamasında 0,85 meq O₂/kg ($\pm 0,40$) ve deodorizasyon aşaması sonucunda 0 meq O₂/kg olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2 Peroksit değeri istatistik analiz sonuçları.

Rafinasyon Aşamaları	Peroksit Değeri (meq O ₂ /kg)	Ortalama Standart Sapma (\pm)	P<0,001 Düzeyinde İstatistiki Fark	
Ham Yağ ¹	3,57	0,30	1>2	1>5
Nötralizasyon ²	1,38	0,20	3>2	3>5
Ağartma ³	1,56	0,10	4>2	4>5
Vinterizasyon ⁴	0,85	0,40	1>4	
Deodorizasyon ⁵	0	0	3>4	

¹⁻⁵Çizelge 4.2’de farklı sayılar ile işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0,001) birbirinden farklıdır



Şekil 4.2 Ayçiçek yağı peroksit miktarı.

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi ayçiçek yağı peroksit miktarı rafinasyon aşamalarında oldukça değişkenlik göstermiştir. Ham ayçiçek yağında en yüksek değere (3,57 meq O₂/kg) sahipken nötralizasyon işleminden sonra (1,38 meq O₂/kg) düşük oranda belirlenmiştir. Ancak ağartma işleminde tekrar yükselen (1,56 meq O₂/kg) peroksit oranı rafinasyon aşamasının son kısmı olan deodorizasyondan sonra (0 meq O₂/kg) en düşük ve yağın yemeklik olarak kullanımına uygun miktarda tespit edilmiştir.

4.3 Refraktif İndeks Tayini

Refraktif indeks tayininde, ortam değiştirirken doğrultusu değişen ışığın bu fiziksel özelliğinden faydalanılır. Her ortamın kırılma indisinin farklı olması nedeniyle konsantrasyon ve madde miktarı ölçülmektedir. Tüm maddelerin kendine özgü ve diğerlerinden farklı olmasına sebep olan kırılma indisi değeri bulunmaktadır (İnt.Kyn.1). Refraktif indeks (kırılma indisi) yemeklik yağların saflık derecelerini belirtmektedir. Bir sıvı yağın acılığı arttıkça kırılma indisi de artmaktadır.

Çizelge 4.3 Refraktif indeks istatistik analiz sonuçları.

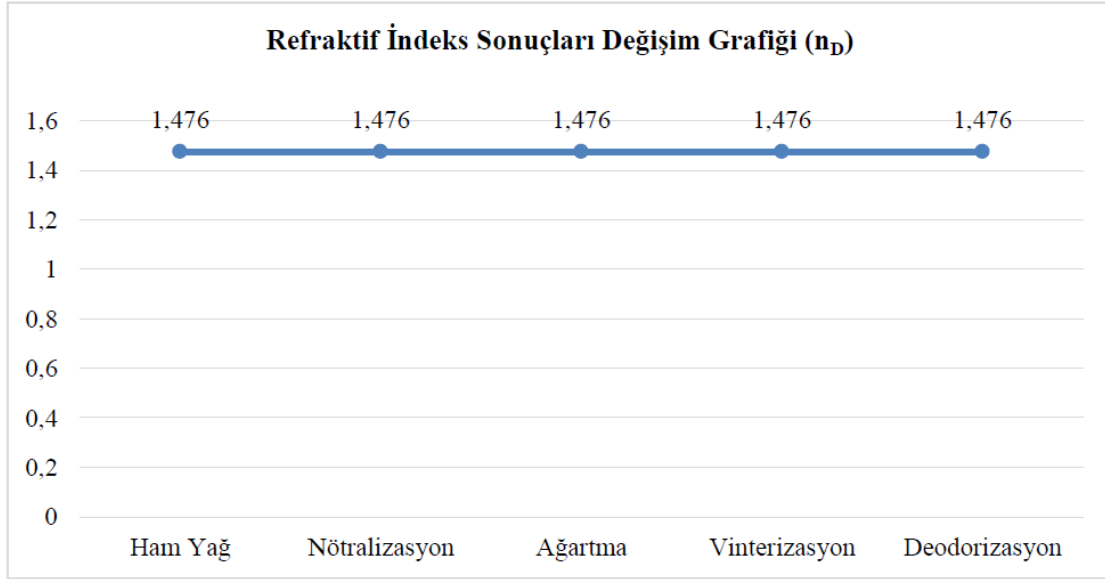
Rafinasyon Aşamaları	Refraktif İndeks (n_D)	Ortalama Standart Sapma (±)	P <0,05 Düzeyinde İstatistiki Fark
Ham Yağ ¹	1,4758	0,00	
Nötralizasyon ²	1,4760	0,00	
Ağartma ³	1,4761	0,00	0,241
Vinterizasyon ⁴	1,4763	0,00	
Deodorizasyon ⁵	1,4762	0,00	

¹⁻⁵Çizelge 4.3’de farklı sayılar ile işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0,05) birbirinden farklı değildir

Çizelge 4.3’te görüldüğü gibi ham ayçiçek yağının rafinasyon işlemi sonucu her aşamada refraktif indeks değerleri istatistiki olarak p<0,05 düzeyinde anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir. Ham ayçiçek yağının refraktif indeks değeri rafinasyon öncesinde 1,4758 (±0,00) iken nötralizasyon aşamasında 1,4760 (±0,00), ağartma aşamasında 1,4761 (±0,00), vinterizasyonda 1,4763 (±0,00) ve deodorizasyon aşamasında 1,4762 (±0,00) olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3’te görüldüğü gibi rafinasyon aşaması değişkenine göre refraktif indeks boyutlarında anlamlı farklılık olmadığı görülmektedir (p>0,05). Rafinasyon aşaması refraktif indeks düzeylerini anlamlı ölçüde etkilememektedir.

Şekil 4.3’de görüldüğü gibi ayçiçek yağı refraktif indeks oranları ham yağdan deodorize yağa kadar olan rafinasyon aşamalarının tamamında değişkenlik tespit edilmemiş olup (1,476 n_D) istatistiki anlamda sabit kalmıştır.



Şekil 4.3 Ayçiçek yağı refraktif indeks oranları.

4.4 Viskozite Tayini

Yağlarda önemli fiziksel özelliklerden birisi de viskozitedir. Bir akışkanın iç direnci ile akışa karşı gelmesi viskozitesindedir. Düşük molekül ağırlıklı yağ asitlerini içeren yağların viskozitesi, doymamışlık derecesi aynı olan yüksek molekül ağırlıklı yağ asitlerini içeren yağlardan daha düşüktür. Yüksek sıcaklığa maruz kalan polimerize olan yağların da viskozitesi artar. Doymamışlık derecesi artan yağın viskozitesi düşük olur (Anonim 2010). Georing vd. (1982), çalışmalarında mısır, pamuk, susam, ayçiçeği, soya vb. yağların viskozite değerleri 27,2 ile 297 mPA arasındaki değerlerde olabileceğini belirtmiştir.

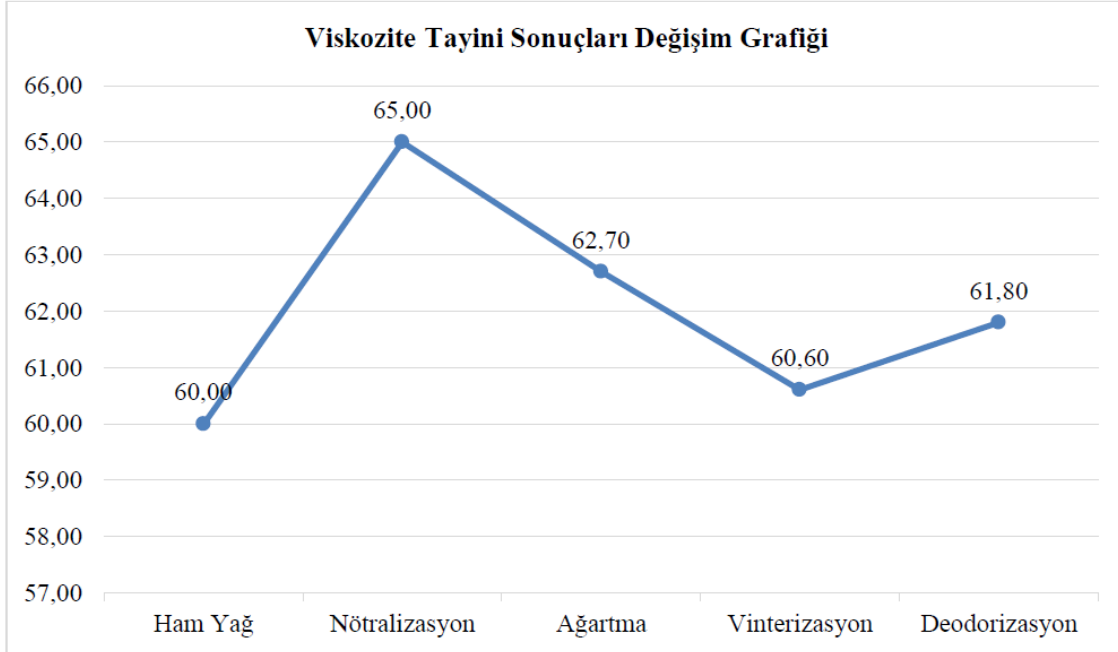
Çizelge 4.4 Viskozite tayini istatistik analiz sonuçları(25°C).

Rafinasyon Aşamaları	Viskozite (mPa)	OrtalamaStandart Sapma (±)	P <0,05 Düzeyinde İstatistiki Fark
Ham Yağ ¹	60,00	3,00	
Nötralizasyon ²	65,00	2,00	2>1
Ağartma ³	62,70	0,10	2>4
Vinterizasyon ⁴	60,60	0,20	
Deodorizasyon ⁵	61,80	0,20	

¹⁻⁵Çizelge 4.4’de farklı sayılar ile işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0,05) birbirinden farklıdır

Çizelge 4.4’te görüldüğü gibi ham ayçiçek yağının rafinasyon işlemi sonucu her aşamada viskozite değeri istatistiki olarak p<0,005 düzeyinde farklılık gösterdiği

belirlenmiştir. Ham ayçiçek yağının viskozite değeri rafinasyon öncesinde 60,00 mPa ($\pm 3,00$) iken nötralizasyon aşaması sonucunda 65,00 mPa ($\pm 2,00$), ağartma aşamasında 62,70 mPa ($\pm 0,10$), vinterizasyon aşamasında 60,60 mPa ($\pm 0,20$) ve deodorizasyon aşamasında 61,80 mPa ($\pm 0,20$) olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.4 Ham ayçiçek yağı viskozitesi.

Şekil 4.4'te görüldüğü gibi ham ayçiçek yağı viskozitesi en düşük değerde (60mPa) bulunmuştur. En yüksek viskozite değeri nötralizasyon aşamasında (65mPa) tespit edilen yağın rafinasyon aşamalarının sonraki iki adımında viskozitesinin giderek düştüğü görülmüştür. Son rafinasyon aşaması olan deodorizasyon basamağında ise viskozite bir miktar yükselmiştir.

4.5 Renk Tayini

Renk tayini Lovibont tintanometre ile yapılan, yağın istenen renk görünümüne sahip olup olmadığını ve saflığını öğrenmek için kalite kontrol laboratuvarlarında kullanılan en etkin ve güvenilir görsel analiz yöntemidir. Pigmentlerin yağa kattığı doğal rengin durumunu, ağartma işleminin etkinliğini ve yağa sonradan eklenen renk maddelerinin yeterli olup olmadığını belirlemeye yarar (Anonim 2013). Bitkilerde bulunan pigmentler karoten, ksantofil, klorofil gibi renk maddelerini içerir. Bitkisel yağlar elde edilirken ya

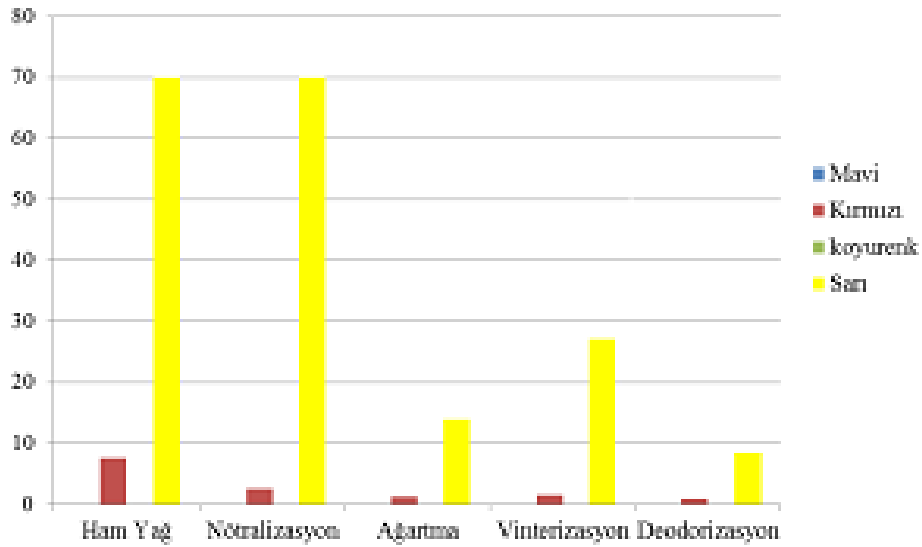
da uygunsuz koşullarda depolanmaları nedeniyle de işlenmemiş yağlarda bu renk pigmentleri ile oluşan istenmeyen maddeler bulunabilmektedir (Güler 2009).

Çizelge 4.5 Ayçiçeği yağının rafinasyon aşamalarındaki renk tayini(inç).

Renk	Rafinasyon Aşamaları				
	Ham Yağ	Nötralizasyon	Ağartma	Vinterizasyon	Deodorizasyon
Kırmızı	7,5	2,6	1,2	1,5	1
Sarı	70	70	14	27	8,4
Mavi	0	0	0	0	0
Koyurenk	0	0	0	0	0

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi rafinasyon aşamalarında bağlı olarak ayçiçek yağının rengi, ham yağda daha koyu renk iken son aşamaya doğru gidildikçe ayçiçeği yağının renginin açıldığı görülmektedir.

Renk Tayini Sonuçları Değişim Grafiği



Şekil 4.5 Ayçiçek yağı renk tayini(inç).

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi rafinasyon aşamalarında bağlı olarak ayçiçek yağının renginin ham yağdan deodorize yağa kadar açıldığı görülmektedir.

4.6 Sabunlaşma Sayısı

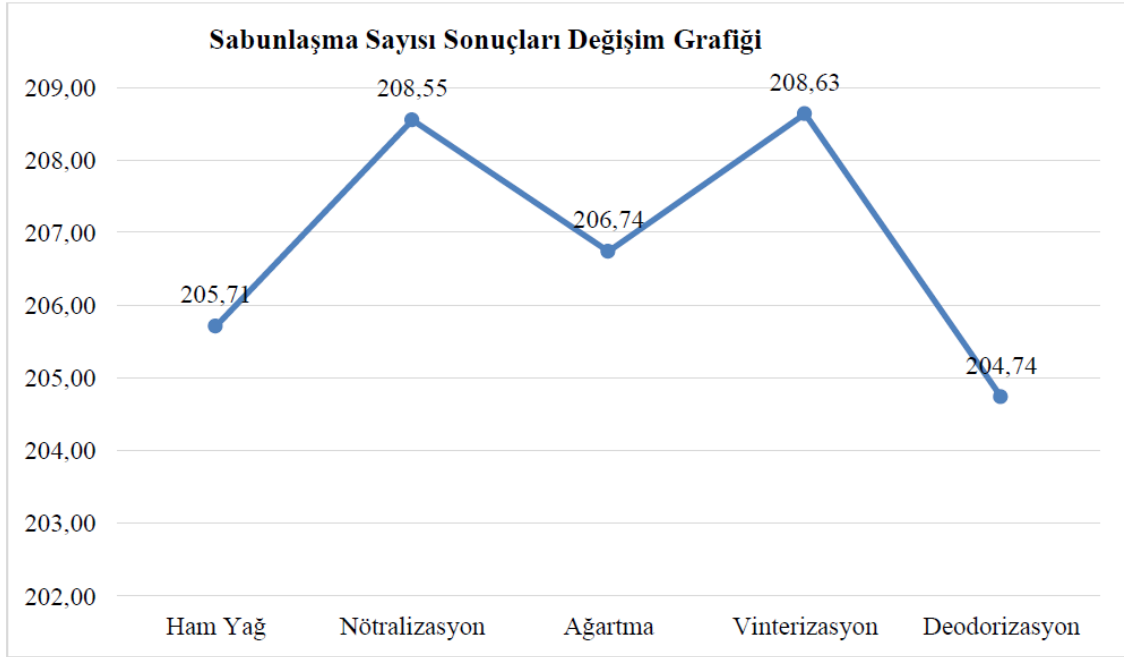
Yağların ve yağ asitlerinin saflık derecesini ölçmek için sabunlaşma sayısının bilinmesi gerekir. Serbest asitliğin giderilmesi için yağ işleme teknolojisi de sabunlaşma sayısına ihtiyaç duyar (Aksoy 2015). Rafinasyonu yapılan yağlarda ‘‘Türk gıda kodeksi bitki adı ile anılan yağlar tebliği (Tebliğ No: 2012/29)’nde belirtilen sabun miktarının en fazla % 0,005 (m/m) olması gerekir (Anonim 2012b).

Çizelge 4.6 Sabunlaşma sayısı istatistik analiz sonuçları.

Rafinasyon Aşamaları	Sabunlaşma Sayısı (m/m)	Ortalama Standart Sapma (\pm)	P<0,001 Düzeyinde İstatistiki Fark	
Ham Yağ ¹	205,71	0,03	2>1	1>5
Nötralizasyon ²	208,55	0,04	3>1	2>5
Ağartma ³	206,74	0,02	4>1	3>5
Vinterizasyon ⁴	208,63	0,03	2>3	4>5
Deodorizasyon ⁵	204,74	0,03	4>3	

¹⁻⁵Çizelge 4.6’da farklı sayılar ile işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p<0,001$) birbirinden farklıdır

Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi ham ayçiçek yağının rafinasyon işlemi sonucu her aşamada sabunlaşma sayısı değeri istatistiki olarak $p<0,001$ düzeyinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Ham ayçiçek yağının sabunlaşma sayısı değeri rafinasyon öncesinde 205,71 m/m ($\pm 0,03$) iken nötralizasyon aşaması sonucunda 208,55 m/m ($\pm 0,04$), ağartma aşamasında 206,74 m/m ($\pm 0,02$), vinterizasyon aşamasında 208,63 m/m ($\pm 0,03$) ve deodorizasyon aşaması sonunda 204,74 m/m ($\pm 0,03$) olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.6 Ayçiçek yağı sabunlaşma sayısı(m/m).

Şekil 4.6’de görüldüğü gibi ayçiçek yağı sabunlaşma sayısı ham yağdan deodorizasyona kadar olan rafinasyon aşamalarında önce yükselen sonra düşen değerlerde seyrederken, en yüksek değerini vinterizasyon aşamasında (208,63 m/m) en düşük değerini ise deodorizasyon aşamasında (204,74 m/m) almıştır.

4.7 Sabunlaşmayan Madde

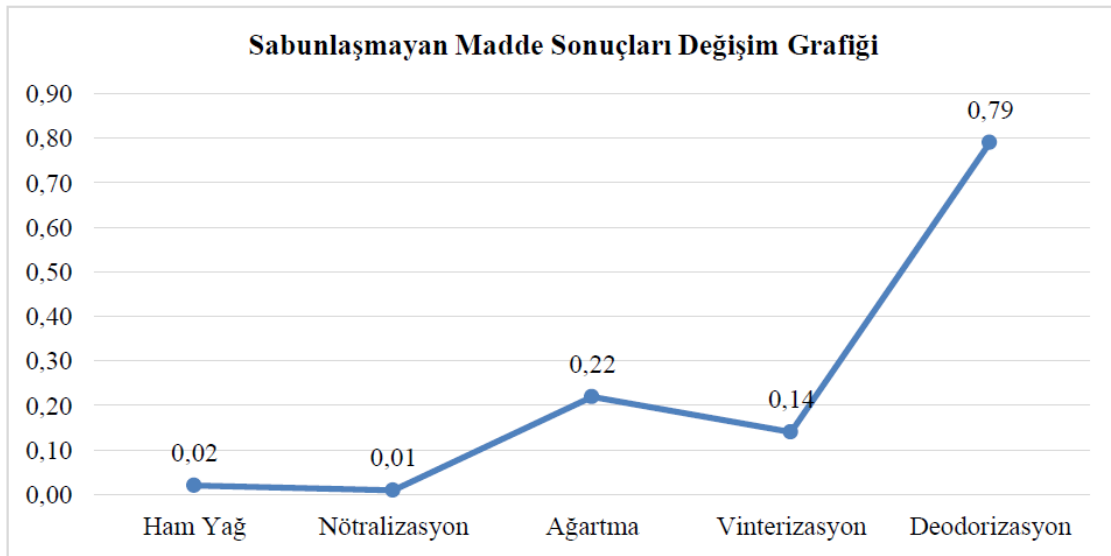
Yağda çözülmüş olup sabunlaşmadan sonra suda çözünmeyen fakat kostik alkalilerle sabunlaşmayan ve bilinen yağ çözücülerle (analiz işleminde kullanılan petrol veya dietileter içinde) çözünen maddelerdir. Maddelerin toplamı sabunlaşmayan madde sayısını verir. Kostik alkali ile sabunlaşmayan çeşitli alifatik alkoller, hidrokarbonlar, ksantofiller, karotenoidler, steroller gibi lipid yapıda bileşikler, yağda çözünen vitaminler ve yağda çözünen organik bileşiklerin hepsi sabunlaşmayan maddelerdir. Sabunlaşmayan maddeler, yağda çözünen 100 g yağda g olarak gösterilir (Yorulmaz vd.. 2016).

Çizelge 4.7 Sabunlaşmayan madde istatistik analiz sonuçları.

Rafinasyon Aşamaları	Sabunlaşmayan Madde %(g/kg)	Ortalama Standart Sapma (±)	P<0,001 Düzeyinde İstatistiki Fark
Ham Yağ ¹	0,02	0,003	3>1 5>2
Nötralizasyon ²	0,01	0,004	4>1 5>3
Ağartma ³	0,22	0,030	5>1 3>4
Vinterizasyon ⁴	0,14	0,020	3>2 5>4
Deodorizasyon ⁵	0,79	0,030	4>2

¹⁻⁵Çizelge 4.7’de farklı sayılar ile işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0,001) birbirinden farklıdır

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi ham ayçiçek yağının rafinasyon işlemi sonucu her aşamada, sabunlaşmayan madde değeri istatistiki olarak p<0,001 düzeyinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Ham ayçiçek yağının sabunlaşmayan madde değeri rafinasyon öncesinde 0,02 g/kg (±0,003) iken nötralizasyon aşaması sonucunda 0,01 g/kg (±0,004), ağartma aşamasında 0,22 g/kg (±0,03), vinterizasyon aşamasında 0,14 g/kg (±0,02) ve deodorizasyon aşamasında 0,79 g/kg (±0,03) olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.6 Ayçiçek yağı sabunlaşmayan maddelerin tespiti(g/kg).

Şekil 4.6’da görüldüğü gibi ayçiçek yağı sabunlaşmayan maddelerin tespiti için yapılan bu analizde ham yağda en düşük miktarda (0,02% g/kg) olan sabunlaşmayan maddeler rafinasyon aşamaları boyunca genellikle giderek yükselen değerler almış ve en yüksek değerine deodorize yağda (0,79% g/kg) ulaşmıştır.

4.8 Sterol Analizi

Yağın parmak izi olarak da ifade edilen steroller sabunlaşmayan madde içeriğinde bulunur. Tüm yağların sterol kompozisyonu birbirinden değişiktir. Yağ asitleri ve sterol kompozisyonu analizleri ile bitkisel yağa başka bitkisel yağ karıştırılıp karıştırılmadığı tespit edilmektedir. Sterol analizi için ince tabaka kromatografi cihazları (GC) kullanılmaktadır (İnt.Kyn.5).

Çizelge 4.8 Sterol kompozisyonu GC analiz sonuçları.

Sterol Analizi (ppm)	Ham Yağ	Nötralize	Ağartma	Vinterize	Deodorize
Kolesterol(%)	*TE	TE	TE	TE	TE
Brassikasterol(%)	TE	TE	TE	TE	TE
Kampasterol(%)	8,41	9,24	9,02	9,05	8,82
Stigmasterol(%)	10,49	12,07	11,91	12,64	12,44
Δ 5,23-Stigmastadienol(%)	0,82	1,28	0,81	0,76	0,77
Klerostenol(%)	0,88	1,04	0,97	0,95	0,97
β -Sitosterol(%)	62,05	63,21	66,28	72,73	72,41
Δ 5-Avenasterol(%)	4,81	6,29	4,06	TE	TE
Δ 5,24-Stigmastadienol(%)	0,77	0,76	0,50	TE	TE
Δ 7-Stigmasterol(%)	11,06	4,88	5,79	3,88	4,25
Δ 7-Avenasterol(%)	0,71	1,24	0,70	TE	0,34

*TE: Tespit Edilemedi.

Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi ayçiçeği yağının sterol kompozisyonu incelendiğinde; rafinasyonun hiçbir aşamasında kolesterol ve brassikasterol tespit edilememiştir. Rafinasyonun her aşamasında tespit edilen kampasterol en düşük değerini ham ayçiçeği yağında alırken (8,41ppm) en yüksek değerini nötralize ayçiçeği yağında (9,24 ppm) almıştır. Stigmasterol en düşük değeri (10,49 ppm) ham yağda tespit edilmiştir. En yüksek değeri (12,64ppm) aldığı rafinasyon aşaması vinterizasyon basamağıdır ve her aşamada bulunmaktadır. Δ 5,23-Stigmastadienol rafinasyonun her basamağında tespit edilmiş olup en yüksek değeri (1,28ppm) nötralize yağda tespit edilmiştir. Nötralizasyon aşamasından sonra giderek azalmış ancak en düşük değeri (0,76ppm) vinterizasyon aşamasında tespit edilmiştir. Klerostenol rafinasyonun her aşamasında bulunan ve birbirine oldukça yakın değerlerde seyreden bu sterol çeşidi en düşük değeri (0,88ppm) ham yağda en yüksek değeri (1,04ppm) nötralize yağda tespit edilmiştir. β -Sitosterol rafinasyonun tüm aşamalarında tespit edilen ve giderek artan değerlerde tespit

edilmiştir. $\Delta 5$ -Avenasterol rafinasyonun yalnızca ilk üç basamağında tespit edilmiş olup en düşük değeri (4,06 ppm) ağartma basamağında, en yüksek değeri (6,29 ppm) ise nötralizasyonda tespit edilmiştir. $\Delta 5,24$ -Stigmastadienol ham yağ aşamasından itibaren giderek azalan değerlerde seyretmiş ve rafinasyonun son üç aşamasında tespit edilememiştir. $\Delta 7$ -Stigmasterol rafinasyonun her aşamasında tespit edilmiş olup ham yağ aşamasında oldukça yüksek (11,06ppm) değere sahipken diğer aşamalarda yaklaşık olarak yarı değerinde tespit edilmiş olup en düşük değeri (3,88ppm) vinterizasyon aşamasında almıştır. $\Delta 7$ -Avenasterol rafinasyon aşamalarının dördünde tespit edilmiş olup vinterize yağda tespit edilememiştir. Başlangıçtaki değerine nazaran azalmış ve en düşük değeri (0,34ppm) deodorize yağda tespit edilmiştir.

4.9 Yağ Asitleri Kompozisyonu

Gaz kromatografi cihazı ile 10-24 karbon sayısına sahip yağ asitlerinin belirlenmesi için bitkisel yağların incelenmesi yöntemidir (Aslan 2009).

Çizelge 4.9 Ayçiçek yağı rafinasyon aşamaları doymuş-doymamış yağ asitleri kompozisyonu.

Doymuş ve Doymamış Yağ Asitleri (%)	Karbon Sayısı	Ham Yağ	Nötralize	Ağartma	Vinterize	Deodorize
Heptadekanoik	C17:0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Miristik	C14:0	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Palmitik	C16:0	6,20	6,23	6,27	6,16	6,38
Palmitoleik	C16:1	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Stearik	C18:0	3,49	3,47	3,37	3,27	3,08
Oleik	C18:1	25,23	25,57	25,29	25,18	25,09
Linoleik	C18:2	63,79	63,42	63,76	64,11	64,15
Linolenik	C18:3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Araşidik	C20:0	0,24	0,24	0,24	0,23	0,22
Eikosadienoik	C20:2	0,66	0,66	0,67	0,67	0,67
Araşidonik	C20:4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
Lignoserik	C24:0	0,23	0,23	0,22	0,20	0,23
Nervonik	C24:1	0,003	0,004	0,004	0,004	0,005

Çizelge 4.9'a göre rafinasyon aşamasında % olarak yağ asitlerinden miristik asit (0,06 ham yağ, deodorize yağ 0,07), palmitik asit (6,19 ham yağ, deodorize yağ 6,38), linoleik asit (63,79 ham yağ, deodorize yağ 64,15), eikosadienoik asit (0,66 ham yağ, deodorize yağ 0,68), lignoserik asit (0,23 ham yağ, deodorize yağ 0,23) değerleri ham yağdan

deodorize yağ aşamasına kadar yükseldiği görülmektedir. Rafinasyon aşamasında % olarak yağ asitlerinden heptadekanoik asit (0,03 ham yağ, deodorize yağ 0,03), palmitoleik asit (0,04 ham yağ, deodorize yağ 0,03), Stearik asit (3,49 ham yağ, deodorize yağ 3,08), oleik asit (25,23 ham yağ, deodorize yağ 25,09), araşidik asit (0,24 ham yağ, deodorize yağ 0,22), araşidonik asit (0,05 ham yağ, deodorize yağ 0,04) değerleri ham yağdan deodorize yağ aşamasına kadar azaldığı görülmüştür.

Yağ asitleri analizinde safsızlıkların belirlenmesi, üründeki serbest ve toplam yağ asitlerinin çeşitleri, üretim sırasında salınım için, partiler arasında fark olup olmaması ürünün ayrıntılı analizinden evvel başlangıç araştırması imkânlarını sunmaktadır (Pilaslı 2014).

Çizelge 4.10 Doymuş yağ asitleri kompozisyonu GC analiz sonuçları.

Doymuş Yağlar (%)	Ham Yağ	Nötralizasyon	Ağartma	Vinterizasyon	Deodorizasyon
Miristik Asit	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Palmitik Asit	6,19	6,23	6,27	6,16	6,38
Stearik Asit	3,49	3,47	3,37	3,27	3,08
Araşidik Asit	0,24	0,24	0,24	0,23	0,22
Lignoserik Asit	0,23	0,23	0,22	0,20	0,23
Heptadekanoik Asit	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Σ Toplam Doymuş Yağ	10,24	10,26	10,18	9,96	10,01

Çizelge 4.10'a göre toplam doymuş yağ asitlik değeri rafinasyonun ilk aşaması olan ham yağda %10,24 olarak tespit edilmiştir. Nötralize yağda %10,26'ya yükselen değer rafinasyonun son aşaması olan deodorize yağda %10,01'e kadar düştüğü görülmektedir.

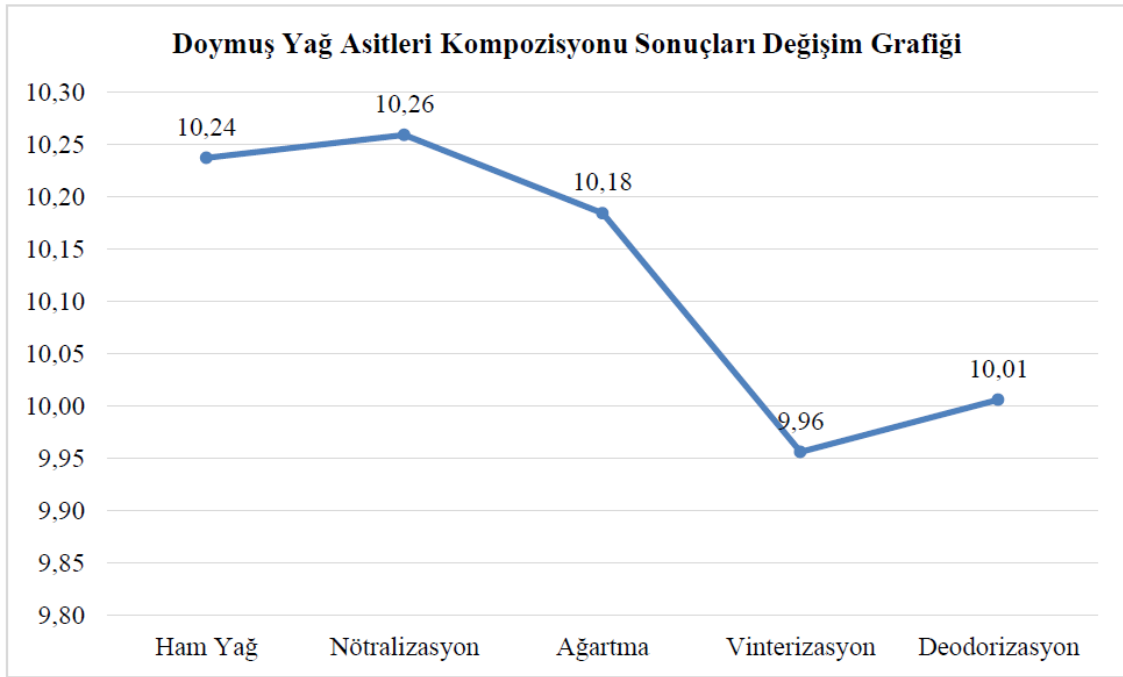
Çizelge 4.11'e göre toplam doymuş yağ asitlik değeri (% olarak) ham yağ aşamasından 10,24 deodorize yağ aşamasına kadar bir azalış göstermektedir. En yüksek toplam doymuş yağ asitlik değeri (% olarak) nötralizasyon aşamasında 10,26 görülürken en düşük toplam doymuş yağ asitlik değeri (% olarak) vinterizasyon aşamasında 9,96 görülmektedir.

Çizelge 4.11 Doymuş yağ asitleri kompozisyonu istatistik analiz sonuçları.

Rafinasyon Aşamaları	Toplam Doymuş Yağ Asidi (%)	Ortalama Standart Sapma (\pm)	P<0,001 Düzeyinde İstatistiki Fark
Ham Yağ ¹	10,24	0,003	2>1 3>4
Nötralizasyon ²	10,26	0,002	1>3 5>4
Ağartma ³	10,18	0,003	2>3 1>5
Vinterizasyon ⁴	9,96	0,004	1>4 2>5
Deodorizasyon ⁵	10,01	0,003	2>4 3>5

¹⁻⁵Çizelge 4.11’de farklı sayılar ile işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p<0,001$) birbirinden farklıdır

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi ayçiçek yağı doymuş yağ asitleri açısından grafikte de gözlemlendiği gibi ham yağdan deodorize yağa kadar olan ölçümlerde gittikçe düşen değerler tespit edilmiştir. Ancak en düşük değeri vinterize yağda %9,96 bulunmuştur.



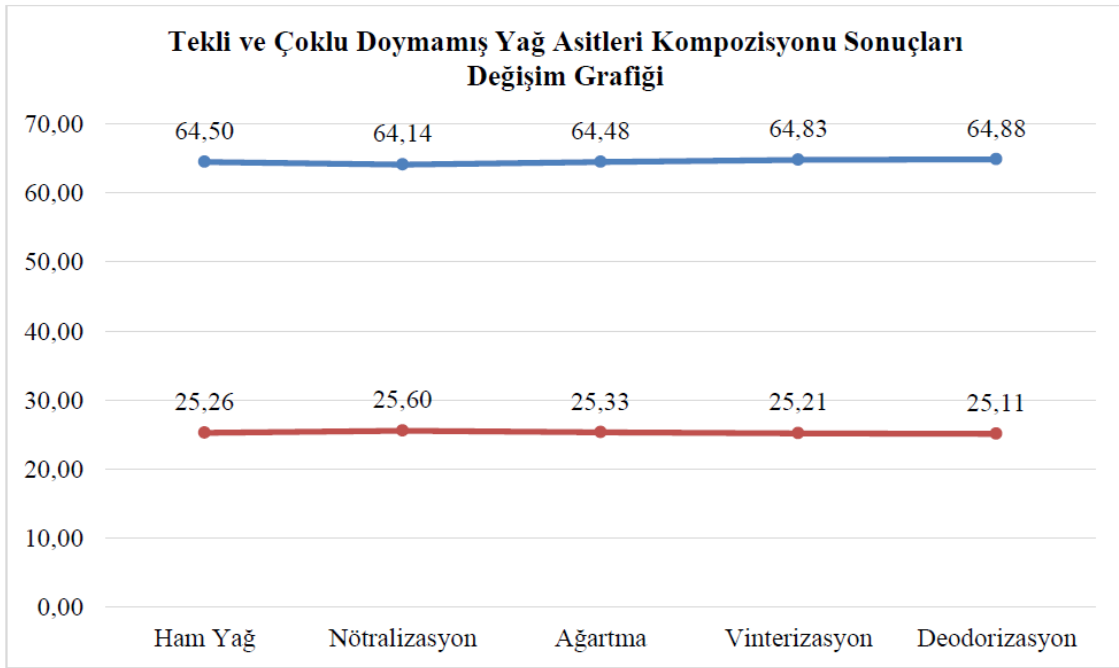
Şekil 4.7 Ayçiçek yağı doymuş yağ asitleri (%).

Çizelge 4.12’ye göre toplam çoklu doymamış yağ asitlik değeri (% olarak) rafinasyon işlemi boyunca ham yağ aşamasında 64,50 olarak tespit edilmiş deodorize yağ aşamasına kadar genellikle yükselerek deodorize yağda 64,88 değeri tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12Çoklu doymamış yağ asitleri kompozisyonu istatistik analiz sonuçları.

Rafinasyon Aşamaları	Toplam Çoklu Doymamış Yağ Asidi (%)	Ortalama Standart Sapma (±)	P<0,001 Düzeyinde İstatistiki Fark
Ham Yağ ¹	64,50	0,003	4>1 5>2
Nötralizasyon ²	64,14	0,004	5>1 1>3
Ağartma ³	64,48	0,002	1>2 4>3
Vinterizasyon ⁴	64,83	0,003	3>2 5>3
Deodorizasyon ⁵	64,88	0,005	4>2 5>4

¹⁻⁵Çizelge 4.12’de farklı sayılar ile işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0,001) birbirinden farklıdır



Şekil 4.8 Tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri kompozisyonu sonuçları değişim grafiği(%).

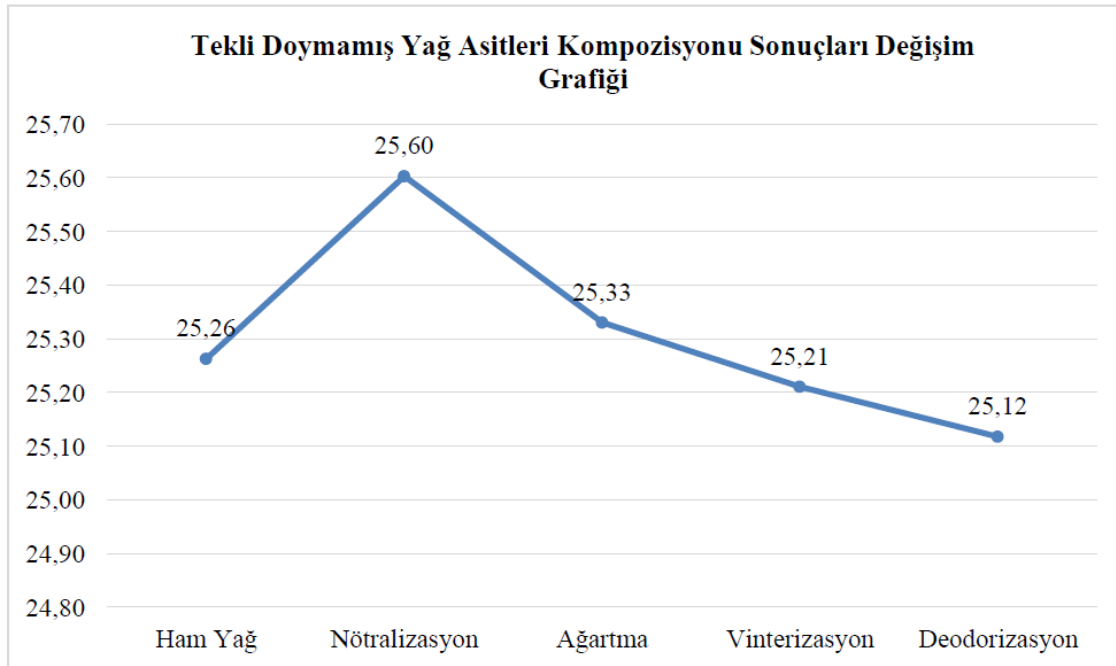
Ayçiçek yağı kullanımını teşvik edecek en önemli kıstaslardan biri olan doymamış yağlar olup Şekil 4.8’de görüldüğü üzere nötralize ayçiçek yağı çoklu doymamış yağda en düşük değerini %64,13 alırken son aşama olan deodorizasyon basamağı itibari ile en yüksek değeri %64,87 ölçülmüştür. Ayçiçeği tekli doymamış yağ oranı ise en yüksek değerine nötralize yağda ulaşmıştır %25,60 ancak rafinasyon aşamaları boyunca giderek azalmıştır. Buna rağmen ham yağda ölçülen tekli doymamış yağ miktarı ile deodorize yağda ölçülen tekli doymamış yağ miktarı arasında oldukça küçük bir fark (0,15) bulunmuştur.

Çizelge 4.13 Tekli doymamış yağ asitleri kompozisyonu istatistik analiz sonuçları.

Rafinasyon Aşamaları	Toplam Tekli Doymamış Yağ Asidi (%)	Ortalama Standart Sapma (±)	P<0,001 Düzeyinde İstatistikî Fark
Ham Yağ ¹	25,26	0,005	2>1 3>4
Nötralizasyon ²	25,60	0,004	3>1 1>5
Ağartma ³	25,33	0,003	2>3 2>5
Vinterizasyon ⁴	25,21	0,004	1>4 3>5
Deodorizasyon ⁵	25,12	0,005	2>4 4>5

¹⁻⁵Çizelge 4.13’de farklı sayılar ile işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak (p<0,001) birbirinden farklıdır

Çizelge 4.13’e göre toplam tekli doymamış yağ asitlik değerleri (% olarak) en yüksek değerini nötralizasyon aşamasında 25,60 ulaşırken en düşük değerini deodorize yağda 25,12 aldığı görülmektedir.



Şekil 4.9 Ayçiçeği tekli doymamış yağ asitleri kompozisyonu sonuçları değişim grafiği(%).

Şekil 4.9’da görüldüğü gibi ayçiçeği tekli doymamış yağ asitleri oranı en yüksek değerine nötralize yağda (%25,60) ulaşmıştır. Ancak rafinasyon aşamaları boyunca giderek azalmıştır. Buna rağmen ham yağda ölçülen tekli doymamış yağ miktarı ile deodorize yağda ölçülen tekli doymamış yağ miktarı arasında oldukça küçük bir fark bulunmuştur.

4.10 Mineral Madde Tayini

Yağların içerisinde iz miktarda mineral maddeler bulunmaktadır. Gerek doğal halinde gerek üretim aşamalarında üründe bulunabilen mineraller bitkinin yetiştiği topraktan, gübreden, sulama suyundan geçebildiği gibi rafinasyon işleminde ağartma ve işleme ekipmanlarının aşınması gibi sebeplerle de yağda tespit edilebilmektedir (Yüksel 2010). Bunların tespiti ICP-AES ile yapılmaktadır.

Çizelge 4.14 Ayçiçek yağı mineral madde analizi.

Mineral Madde	Ham Yağ ppm	Nötralizasyon ppm	Ağartma ppm	Vinterizasyon ppm	Deodorizasyon ppm
Li	0,02	0,07	0,46	0	0,005
Na	271,61	174,85	0	0	0
Mg	1,63	0,88	0,14	6,39	3,52
Al	4,46	2,29	0	0	0
Si	29,53	26,58	23,37	22,154	24,53
P	967,39	756,68	157,66	162,92	217,69
K	1,55	0	0	0	0
Ca	2,73	0,87	0	1,74	0
V	0,002	0	0,001	0,004	0
Cr	0,16	0,09	0	0,30	0
Mn	0,10	0,01	0,01	0,90	0,04
Fe	25,65	0	0	97,26	0
Co	0,007	0,001	0	0,006	0
Ni	0,17	0,44	0	0,12	0
Cu	0,01	0,09	0,13	0,26	0,25
Ga	0,0006	0,001	0,001	0,002	0,0009
As	0,006	0	0,004	0,015	0,006
Se	0	0	0,006	0,002	0,002
Ru	0,005	0,002	0	0	0
Pd	0,005	0,002	0	0	0
Ag	0,003	0,001	0,004	0,0009	0,002
Cd	0	0	0,01	0,04	0,05
In	0,15	0,10	0	0	0
Sn	46,97	36,74	0	0	0
Sb	0,006	0,006	0	0	0,001
Ba	0,04	0,01	0	0,03	0,03
Pt	0,00001	0	0	0	0
Pb	0,04	0,008	0	0	0

Çizelge 4.14’de görüldüğü gibi ham ayçiçek yağı P miktarı, ham soya ve kanola yağındaki P miktarının oldukça üzerinde tespit edilmiştir. Çalışmamızdaki ham yağ örneğinin Fe miktarı kanola ham yağdaki Fe oranından yüksektir. Ayçiçek yağı ile yapılan önceki çalışmada nötralize, ağartma ve deodorize örneklerde demir miktarı tespit edilmiş olmasına rağmen bizim çalışmamızda kullanılan örneklerde nötralize,

ağartma ve deodorize yağlarda Fe miktarı 0'dır. Cu miktarı ise bizim kullandığımız örneklerde oldukça düşük miktarda tespit edilmiştir. Ham Ayçiçek yağı örneklerimizin P, Fe ve Na miktarları pirinç kepeği ham yağda tespit edilenlerden yüksek, Ca, K ve Mg miktarlarının ise Pirinç kepeği ham yağ oranlarından düşük olduğu gözlenmiştir.

4.11 SEM Analizi

SEM analizinde; elektron demeti ve numune arasındaki etkileşimlerden geri saçılan atomlar sayesinde yüzeydeki atomların taranması ile yüksek atom numaralı bölgeler, düşük atom numaralı bölgelerden daha parlak görüldüğünden numunenin topoğrafisi, yoğunluğu, dağılımı ve numune bileşimi hakkında nanoboyutta bilgiler elde edilmektedir (Köksal ve Köseoğlu 2014).

Çalışmamızda örnekler etanol ile muamele edilmeden önce SEM analizi yapılmıştır. Örneklerin farklı kesitlerinde yapılan incelemeler neticesinde element içerikleri nanoboyutta tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15 Etanol ile muamele edilmeyen rafinasyon aşaması örneklerinin SEM analizinde tespit edilen elementler(%).

Rafinasyon Aşamaları												
Element	Ham Yağ			Nötralize			Ağartma			Vinterize Deodorize		
	Kesit			Kesit			Kesit			Kesit		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
C	47,51	55,36	58,53	55,76	58,51	58,51	63,83	41,82	72,37	61,78	68,85	69,92
O ₂	52,49	39,82	40,84	44,24	41,49	41,49	36,17	58,18	27,63	37,8	31,15	30,08
Na	*TE	1,67	0,35	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Silicon	TE	0,33	0	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,15	TE	TE
P	TE	2,44	0,13	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Ca	TE	0,38	0,16	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,27	TE	TE

*TE: Tespit edilemedi

Çizelge 4.15'e göre C ve O elementleri rafinasyonun her aşamasında ve örneklerin incelenen tüm kesitlerinde tespit edilirken Na ve P elementleri yalnızca ham yağ örneğinin 3 kesitinde belirlenmiş ancak rafinasyonun diğer aşamalarında tespit edilemediği, Silicon ve Ca ham yağ örneğinin 1. kesitinde, nötralize, ağartma, vinterize yağ kesitleri ile deodorize yağın 2. ve 3. kesitlerinde tespit edilemediği görülmektedir.

Çizelge 4.16 Etanol ile muamele edilmeyen rafinasyon aşaması örneklerinin SEM analizindeki kesitlerde tespit edilen elementlerin ortalama standart sapmaları (\pm).

Elementler	Ham Yağ	Nötralize	Ağartma	Vinterize	Deodorize
C	5,67	1,94	11,48	72,37	4,42
O ₂	7,04	1,94	11,48	27,63	4,18
Na	0,93	*TE	TE	TE	TE
Silicon	0,23	TE	TE	TE	0,15
P	1,63	TE	TE	TE	TE
Ca	0,16	TE	TE	TE	0,27

*TE:Tespit edilemedi

Çizelge 4.16’da görüldüğü üzere etanol ile muamele edilmeden SEM analizleri yapılan rafinasyon aşaması örneklerinin incelenen kesitlerinde tespit edilen verilerin ortalama standart sapma değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.17 Etanol ile muamele edilen rafinasyon aşaması örneklerinin SEM analizinde tespit edilen elementler(%).

Element	Rafinasyon Aşamaları								
	Ham Yağ			Nötralize			Ağartma	Vinterize	Deodorize
	Kesit			Kesit			Kesit	Kesit	Kesit
	1	2	3	1	2	3	1	1	1
C	65,67	48,26	62,12	57,31	52,57	57,28	7,99	14,16	TE
O ₂	33,8	51,28	37,11	41,71	47,15	41,41	69,7	57,8	TE
Na	0,36	0,41	0,28	0,62	0,28	*TE	TE	2,17	TE
Silicon	TE	TE	TE	TE	TE	TE	5,08	28,59	TE
P	0,18	0,05	0,06	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Ca	TE	TE	0,2	0,18	TE	1,31	TE	0,52	TE
Cl	TE	TE	0,22	0,18	TE	TE	TE	TE	TE
Mg	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,72	TE	TE
Al	TE	TE	TE	TE	TE	TE	3,59	6,07	TE
K	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,95	4,04	TE
Fe	TE	TE	TE	TE	TE	TE	1,32	TE	TE

*TE: Tespit edilemedi

Çizelge 4.17’de görüldüğü gibi C ve O elementleri rafinasyon aşamalarında incelenen her örnekte deodorizasyon aşamasının haricinde her kesitte tespit edilmiştir. Na ham yağ tüm kesitlerinde, nötralizasyon aşaması 1. ve 2. kesitlerinde, vinterize yağ örneğinde tespit edilmiş ancak rafinasyonun diğer aşamalarında tespit edilmemiştir. Silicon ağartma ve vinterize yağ kesitleri dışındaki rafinasyon aşamalarında tespit edilememiştir. P elementi yalnız ham yağ örneğinin kesitlerinde tespit edilmiştir. Ca ve

Cl elementleri ağartma ve deodorize yağda tespit edilememiştir. Mg, Al, K ve Fe elementleri ham yağ ve deodorize yağ örneklerinde tespit edilememiştir.

Çalışmamızda örnekler etanol ile muamele edildikten sonra SEM analizi yapılmıştır. Örneklerin farklı kesitlerinde yapılan incelemeler neticesinde element içerikleri nanoboyutta tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18 Etanol ile muamele edilen rafinasyon aşaması örneklerinin SEM analizindeki kesitlerde tespit edilen elementlerin ortalama standart sapmaları (\pm).

Elementler	Ham Yağ	Nötralize	Ağartma	Vinterize	Deodorize
C	9,20	2,73	7,99	14,16	T.E
O ₂	9,29	3,23	69,70	57,80	T.E
Na	0,07	0,24	*T.E	2,17	T.E
Silicon	T.E	T.E	5,08	28,59	T.E
P	0,07	T.E	T.E	T.E	T.E
Ca	0,20	0,80	T.E	0,52	T.E
Cl	0,22	0,18	T.E	T.E	T.E
Mg	T.E	T.E	0,72	T.E	T.E
Al	T.E	T.E	3,59	6,07	T.E
K	T.E	T.E	7,99	4,04	T.E
Fe	T.E	T.E	69,70	T.E	T.E

*TE: Tespit edilemedi

Çizelge 4.18'de görüldüğü üzere elementlerin deodorize yağ aşamasında ortalama standart sapma değerleri tespit edilememiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Ertürk (1999), ham ayçiçeği yağı ile yaptığı çalışmasında ağartma aşamasından önce yağın serbest yağ asidi değerini %0,03 olarak, ağartma sonrası ise %0,07 olarak tespit etmiştir. Soya bitkisinden elde edilen ham yağda serbest yağ asitliği değerini %0,56 olarak tespit edilmiştir (Kuleaşan 2004). Cmolik vd. (2000) çalışmalarına göre ham kolza yağına alkali ve fiziksel rafinasyon aşamaları uygulanmıştır. Serbest yağ asidi değeri alkali rafinasyonda ham yağ, nötralizasyon, ağartma, deodorizasyon aşamalarında sırasıyla %0,92, %0,05, %0,07, %0,04 değerleri elde edilirken fiziksel rafinasyon için aynı aşamalarda %0,84, %0,89, %0,04 değerleri tespit edilmiştir. Ayala vd. (2007) tarafından, kakao ham yağının serbest yağ asitlik değeri %1,87 iken ağartma işlemi geçirdikten sonra %1,35 değeri tespit edilmiştir. Costa vd. (2011) çalışmalarında soya fasulyesi yağı kullanmışlar. Soya yağı rafinasyonunda deodorizasyon aşamasından sonra serbest yağ asitlik değerini %0,08 şeklinde tespit etmişlerdir. Tandy ve Mcherson (1984), çalışmalarında soya yağı kullanmış fiziksel rafinasyonunda kombine degumming-ağartma çıkışı yağda %0,4 serbest yağ asitliği, buhar rafinasyon çıkışı yağda ise %0,015 serbest yağ asitliği tespit etmişlerdir. Kesen vd.. (2016) ham ve rafine fındık yağı ile yaptıkları çalışmalarda serbest yağ asitliği oranını ham yağda %1,37, rafine yağda %0,05 şeklinde tespit etmiştir. Çalışkan (2008), ayçiçek yağı ve mısır yağı ile yaptığı çalışmasında serbest asitlik derecesini ayçiçeği ham yağ için %0,545 mısır ham yağında %1,344 nötrale ayçiçek yağı için %0,056 nötrale mısır yağı için %0,140 değerleri, ağartma işleminde ayçiçeği yağında bir değişim gözlenmemiş ancak mısır ağartma yağında serbest asitlik dercesi %0,15 olarak, vinterizasyon işlemi sonrası ayçiçek yağı SYA değeri %0,14 elde edilmiş deodorize ayçiçeği ve mısır yağında ise bir fark bulunmamıştır.

Gomes vd.. (2003) iki farklı ayçiçek yağı ile çalışmış ve rafinasyon aşamalarından ham yağda serbest asitlik değerini %1,16-2,13 nötrale yağda 0,05-0,21 ağartma yağda 0,11-0,23 deodorize yağda 0,06-0,09 değerlerini tespit etmiştir.

Aslan (2009) pamuk yağı ile yaptığı çalışmasında, rafinasyon işleminin her basamağında pamuk yağının giriş ve çıkış numunelerinde serbest yağ asitleri ölçümleri

(% olarak) ham yağ için %0-3 nötralizasyon için %0,04-0,1 ağartma için %0,03-0,1 deodorizasyon için %0,03-0,08 değerleri bulunmuştur.

Serbest yağ asitlik değeri tespitini yaptığımız rafine ayçiçek yağı ile rafine kolza yağı serbest asitlik değerleri benzer, rafine fındık yağının serbest yağ asitliği değerinden düşük, rafine pamuk yağı sya değerinden yüksek bulunmuştur.

Ertürk (1999), ham ayçiçeği yağı ile yaptığı çalışmasında ağartma işleminden önce yağın peroksit değerini 31 meqO₂/kg olarak, ağartma işleminden sonra 12 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir. Kesen vd.. (2016) fındık yağı ile yaptıkları çalışmalarında peroksit değerini ham fındık yağı için 7 meq/kg, rafine fındık yağı için 0,9 meqO₂/kg değerlerini elde etmiştir. Kolza yağı ile yapılan çalışmada alkali ve fiziksel rafinasyon aşamaları uygulanmıştır. Alkali rafinasyonun her aşaması (ham yağ, nötralize, ağartma ve deodorize) için peroksit değerleri sırayla 4,44; 3,95; 3,69; 4,45 şeklinde elde edilmiştir. Fiziksel rafinasyona tabi tutulan kolza yağında; her aşama için yine sırayla 4,21; 4,08; 4,56 değerleri bulunmuştur (Cmolik *et al.* 2000). Pirinç kepeği yağı rafinasyonunda peroksit değeri ham yağ için 8,54 meqO₂/kg, degumming yağ için 5,71 meqO₂/kg, nötralizasyon sonrası 5,79 meqO₂/kg, ağartmadan sonra 3,80 meqO₂/kg, vinterizasyon aşamasından sonra 5,91 meqO₂/kg, deodorizasyon sonrası ise 0,28 meqO₂/kg olarak belirlenmiştir (Pestana *et al.* 2008). Kreps vd. (2014), kolza yağı ve ayçiçek yağı ile yaptıkları çalışmalarında ham yağ ve fiziksel rafinasyon aşamalarında yağların peroksit tayinini yapmışlardır. Yüksek oleik ayçiçeği yağı için bu değer ham yağ 3,12±0,20 mmol 0,5 O₂/kg, degumming yağ 1,18±0,06 mmol 0,5 O₂/kg, ağartılmış yağda 1,67±0,07 mmol 0,5 O₂/kg, vinterize yağ 1,25±0,06 mmol 0,5 O₂/kg, ve deodorize yağda 0,32±0,04 mmol 0,5 O₂/kg; kolza yağı için ise ham yağ 3,08±0,26 mmol 0,5 O₂/kg, degumming yağda 1,26 ± 0,08 mmol 0,5 O₂/kg, ağartma yağda 1,51±0,06 mmol 0,5 O₂/kg ve deodorize edilmiş yağda 0,30±0,03 mmol 0,5 O₂/kg değerleri tespit edilmiştir. Aslan (2009), pamuk yağı ile yaptığı çalışmasında pamuk yağı rafinasyon aşamalarında peroksit değerlerini (meq O₂/kg) ham yağ için 0-15, nötralize yağ için 0-15, ağartma yağ için 0-5, vinterize yağ için 0-2, deodorize yağ için 0 olarak tespit etmiştir.

Kreps vd. (2014) kolza yağı için peroksit değerlerini ham yağ 3,08 meqO₂/kg, degumming yağda 1,26 meqO₂/kg, ağartma yağda 1,51 meqO₂/kg ve deodorize edilmiş yağda 0,30 meqO₂/kg tespit edilmiştir.

Kreps vd. (2014) ayçiçek yağı ile yaptıkları çalışmalarında ham yağ ve fiziksel rafinasyon aşamalarında yağların peroksit tayinini yapmışlardır. Yüksek oleik ayçiçeği yağı için bu değer ham yağ 3,12 meqO₂/kg, degumming yağ 1,18 meqO₂/kg, ağartılmış yağda 1,67 meqO₂/kg, vintelize yağ 1,25 meqO₂/kg, ve deodorize yağda 0,32 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir. Gomes vd. (2003), iki ayrı ayçiçek yağı ile çalışmış ve rafinasyon aşamalarına göre tespit ettikleri peroksit değerleri birinci ve ikinci örnek için sırasıyla ham yağda 12-5,3 meqO₂/kg, nötralize yağda 15meqO₂/kg-6,9meqO₂/kg, ağartma yağda 1,2meqO₂/kg-0,4 meqO₂/kg, deodorize yağda 0,3meqO₂/kg-0,2 meqO₂/kg değerlerini elde etmiştir.

Ayçiçek yağı peroksit tayininde deodorize yağda elde ettiğimiz peroksit değeri fındık yağı, pamuk yağı kolza yağı gibi yağlara nazaran yüksek ancak tüketime uygun miktarda bulunmuştur.

Refraktif indeks (kırılma indisi), sınıf 1 ayçiçek yağlarında (40°C) 1,467 n_D-1,471 n_D arasında olmalıdır. Sınıf 2 ve 3 ayçiçek yağlarında (25°C) 1,461 n_D-1,471 n_D değerleri arasında olmalıdır (Anonim 2012). Kırılma indisi değerleri (25°C de) ayçiçek yağı için 1,472 n_D-1,474 n_D, mısırözü yağı için 1,470-1,474 n_D, düşük ve yüksek erüsik asitli her iki kolza yağı için 1,470 n_D-1,474 n_D, soya yağı için 1,470 n_D-1,476 n_D, pamuk yağı için 1,4636n_D-1,4698 n_D, palm yağı için 40°C de yapılan ölçümde 1,457 n_D-1,459 n_D tespit edilmiştir (Anonim 2007).

Ayçiçek yağı rafinasyon aşamalarında elde ettiğimiz kırılma indeksi sonuçları Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinde belirtilen değerlere uygundur.

Kolza yağının viskozite değeri (c.pas, 50°C) 17 olarak verilmiştir (Anonim 2007). Özgül ağırlık (viskozite) tayini, TS 894'e göre yapılır ve sonucun yemeklik ayçiçeği yağlarında; sınıf 1 ayçiçek yağı için 0,918-0,923 mPa değerleri, sınıf 2 (orta oleik asit içerikli) ayçiçek yağı için 0,914-0,916 mPa değerleri, sınıf 3 (yüksek oleik asit içerikli)

ayçiçek yağı için 0,909-0,915 mPa değerleri arasında olması beklenir. Georing vd. (1982), çalışmalarında mısır, pamuk, susam, ayçiçeği, soya vb. yağların viskozite değerleri 27,2 ile 297 mPA arasındaki değerlerde olabileceğini belirtmiştir.

Kolzayağı ile çalışmasını yaptığımız ayçiçek yağı örnekleri viskozite tayini açısından karşılaştırıldığında kolza yağı değerleri daha düşüktür, ancak mısır pamuk, susam ve ayçiçeği için belirtilen literatür değerleri (27,2-297 mPA) arasında olduğu ve tüketime uygun olduğu belirlenmiştir.

Ertürk (1999), ham ayçiçeği yağı ile yaptığı çalışmasında ağartmadan önce yağın renk tayininde 0,3 kırmızı, 2 sarı, ağartma sonrası 0,2 kırmızı renk tespit etmiştir. Soya yağı ile yapılan çalışmada fiziksel rafinasyon degumming-ağartma sonrası 3,6/35 renk (k/s) tayini, buhar rafinasyon sonrası yağda 0,3/5 renk (k/s) renk tayini yapılmıştır (Tandy and Mcherson, 1984). Wiedermann (1981), soya yağı ile çalışmasında, kimyasal rafinasyon basamaklarındaki renk tayininde (nötralizasyon, ağartma, deodorizasyon için sırasıyla) kırmızı renk değerlerini 7-8; 2-2,5; 0,4-0,8 olarak elde etmiştir. Farklı rafinasyon yöntemlerinin ayçiçeği yağı üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, kimyasal ve fiziksel rafinasyon ünitelerinde kırmızı renk değerleri ham ayçiçeği yağlarında ortalama olarak sırasıyla 3,7; 3,8 en düşük değerleri deodorizasyon ve buhar distilasyonu aşamalarında sırasıyla 0,5; 0,7 şeklinde belirlenmiştir. Kimyasal rafinasyon ünitesinde sarı renk için en yüksek değer ham ayçiçeği yağında 30, fiziksel rafinasyon ünitesinde ise ham ayçiçeği ve degumming aşamasında sırasıyla 30 ve 30 olduğu, sarı rengin en düşük değerinin ise kimyasal rafinasyon ve fiziksel rafinasyon ünitelerinde deodorizasyon ve buhar distilasyonu aşamalarında sırasıyla 4 ve 7 olduğu tespit edilmiştir. Kanola yağı ile yapılan bir çalışmada ise Lovibond tindometresi renk tayini < 1,5 kırmızı/10 sarı olarak tespit edilmiştir (İnt.Kyn.4). Hoed vd. (2010) pirinç kepeği yağına uygulanan fiziksel rafinasyon basamaklarında numunelerin kırmızı ve sarı renk (Lovibond) tayinleri ham yağ için $6,0 \pm 0,2$ ve $70,0 \pm 2,1$, asit müsilaj giderme sonrası $6,0 \pm 0,27$ ve $3,3 \pm 2,0$; ağartma sonrası $69,0 \pm 2,0$ ve $6,9 \pm 0,2$; vintelize yağda $3,5 \pm 0,2$ ve $35,0 \pm 0,5$ olarak belirlenmiştir. Aslan (2009), pamuk yağı ile yaptığı çalışmasında pamuk yağı rafinasyon aşamalarında renk değerlerini (K) ham yağ için 5-8, nötrale

yağ için 8-8, ağartma yağ için 2, vintelize yağ için 0, deodorize yağ için 1,0 olarak ölçmüştür.

Mısır yağı rafinasyon aşamalarından ilki olan ham yağ numunelerinde sabun miktarı %0.00 olup, degumming-nötralizasyon basamağında %0,017 olarak tespit edilmiştir. Ağartma aşamasında %0,008, vinterezasyonda %0,005 belirlenmiştir. Deodorizasyon aşamasından sonra da yaklaşık %0,003 seviyesine düştüğü belirlenmiştir (Aksoy 2015). Ayçiçek yağının sabunlaşma sayısı 188-194, Mısırözü yağının sabunlaşma sayısı 187-193, Kolza yağının Yüksek erüsik asit 170-180, Düşük erüsik asit 188-193, Soya yağı Sabunlaşma sayısı 185-195, Pamuk yağının Sabunlaşma sayısı 189-198, Palm yağının Sabunlaşma sayısı 196-202 olarak verilmiştir (İnt.Kyn.4).

Çalışmalarımızda sabun miktarını rafinasyon aşamalarının herbiri için ayrı uyguladığımızda daha önce ayçiçeği, mısır, kolza ve palm yağlarının sabunlaşma sayısı ile yakın miktarda olduğu belirlenmiştir.

Ersungur (2008), çalışmasında kolza tohum yağında sabunlaşmayan madde miktarını %1,55 olarak tespit etmiştir. Ayçiçek yağının sabunlaşmayan madde miktarı %1,5, mısırözü yağının sabunlaşmayan madde miktarı %1,1-2,0; yüksek erüsik asitli kolza yağının sabunlaşmayan madde miktarı %<1,5; düşük erüsik asitli kolza yağının sabunlaşmayan madde miktarı %<2,0, soya yağının sabunlaşmayan madde miktarı %<1,5, pamuk yağının sabunlaşmayan madde miktarı, %0,5-1,5, palm yağının sabunlaşmayan madde miktarı, %0,2-0,5 olarak tespit edilmiştir (Anonim 2007).

Ayçiçek yağı ile yaptığımız çalışmada deodorize yağ için %0,790 g/kg olarak belirlenmiştir. Bu değer daha önce çalışılmış kolza, pamuk, mısır, soya, palm ve ayçiçek yağı sabunlaşmayan madde miktarlarından oldukça düşük seviyede tespit edilmiştir.

Türk Standartları Enstitüsü tarafında ayçiçek yağı elde edildiği bitki tipine ve üretimde uygulanan yöntemlere göre;

- Sınıf 1 (Ayçiçek yağı),
- Sınıf 2 (Orta oleik asit içerikli ayçiçek yağı),
- Sınıf 3 (Yüksek oleik asit içerikli ayçiçek yağı)

olmak üzere üç sınıfa ayrılır.

Bu tebliğe göre;

Sınıf 1 ayçiçek yağlarının sterol miktarları % olarak (en çok) kampasterol 6,5-13 ppm, stigmasterol 6,0-13 ppm, β -sitosterol 50-70 ppm, Δ 7-stigmastenol 6,5-24 ppm, Δ 7-avanesterol 3-7,5 ppm olarak belirlenmiştir. Sınıf 2 ayçiçek yağlarının sterol miktarları % olarak (en çok) kampasterol 9,1-9,6 ppm, stigmasterol 9-9,3 ppm, β -sitosterol 56-58 ppm, Δ 7-stigmastenol 7,7-7,9 ppm, Δ 7-avanesterol 4,3-4,4 ppm olarak belirlenmiştir. Sınıf 3 ayçiçek yağlarının sterol miktarları % olarak (en çok) kampasterol 5-13 ppm, stigmasterol 4,5-13 ppm, β -sitosterol 42-70 ppm, Δ 7-stigmastenol 6,5-24 ppm, Δ 7-avanesterol 9 ppm olarak belirlenmiştir(Anonim 2012b).

Çizelge 4.8'de görüldüğü gibi ayçiçeği yağı ile yaptığımız çalışmada rafinasyon aşamalarında tespit edilen kampasterol, stigmasterol, β -sitosterol miktarları nar çekirdeği yağı rafinasyon aşamalarında tespit edilen kampasterol, stigmasterol, β -sitosterol miktarlarından düşüktür. Türk Standartları Enstitüsü tarafından sınıf 1, sınıf 2 ve sınıf 3 ayçiçek yağları ile belirlenen sterol değerlerini çalışmamızdaki deodorize ayçiçeği yağı ile kıyasladığımızda (% olarak) belirlenen kampasterol değeri sınıf 2 ayçiçeğine yakın değerlerde, stigmasterol değeri sınıf 3 ayçiçek yağı ile, β -sitosterol değeri sınıf 1 ve sınıf 3 ayçiçek yağları ile yakın değerlerde bulunmuştur. Çalışmamızda deodorize ayçiçeği yağı (% olarak) Δ 7-stigmastenol ve Δ 7-avanesterol değerleri Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen sınıf 1, sınıf 2 ve sınıf 3 ayçiçeği yağlarındaki Δ 7-stigmastenol ve Δ 7-avanesterol değerlerinden düşük olarak tespit edilmiştir.

Güler (2009), kanola yağı ile yaptığı çalışmasında Σ doymuş yağ asitleri miktarını soğuk pres yağda ortalama (% olarak) 7,585 tespit ederken rafine yağda ortalama %7,685 olarak Σ doymamış yağ asitleri miktarı soğuk pres yağda ortalama %92,415 rafine yağda ortalama %92,315 tespit etmiştir. Σ Tekli doymamış yağ asitleri miktarını soğuk pres kanola yağında ortalama %64,625 ve rafine kanola yağında ortalama %64,815, Σ Çoklu doymamış yağ asitleri miktarı soğuk pres yağda ortalama %27,790 rafine yağda ise yine ortalama %27,500 olarak tespit edilmiştir. Fındık yağı ile yapılan bir çalışmada ham fındık yağı ve rafine fındık yağındaki yağ asitleri kompozisyonunda

doymuş yağ asitleri miktarı (%) ham yağda %8,36 rafine yağda %8,38 olarak elde edilirken ham fındık yağında tekli doymamış yağ miktarı 77,53 rafine fındık yağında ise 71,2 değeri elde edilmiştir. Çoklu doymamış yağlar açısından ham ve rafine fındık yağında yapılan incelemelerde elde edilen değerler sırasıyla %14,11 ve %20,42 dir (Kesen vd.. 2016).

Ayçiçeği ham yağı ile yapılan çalışmada doymuş yağ asidi oranı %1,17-1,46 ve doymamış yağ asidi oranı ise %0,18-0,61 değerleri arasında bulunmuştur (Pılaslı 2014).

Swern (1982) tarafından yapılan bir çalışmada rafine ayçiçek yağı yağ asidi kompozisyonunda palmitik asit %3-6, stearik asit %1-3, oleik asit %14-43, linoleik asit %44-75, linolenik asit %<0,7, araşidik asit %0,6-4 olarak tespit edilmiştir.

Campbell (1983) çeşitli bölgelerden toplanan ayçiçeği bitkilerinden elde edilen rafine ayçiçeği yağlarında tespit ettiği yağ asitleri kompozisyonunda palmitik asit %5,1-%6,28, stearik %3-%4,24, oleik %17,8-%26, linoleik %64,4-%70,4 ve linolenik asit %0,2-%0,5 (fenbilimleri yazım klavuzuna uygunmu boşluklar veya boşluk olmaması)değerlerini elde etmiştir.

Tüketime uygun ve insan sağlığı için en önemli yağlardan biri olan rafine kanola yağının ve rafine fındık yağının doymuş yağ oranı ile çalışmasını yaptığımız ayçiçek yağının rafinasyon işlemi sonucu doymuş yağ oranları yakındır. Toplam doymamış yağ asitleri açısından ise ham ve rafine fındık yağı ve ham ve rafine kanola yağı örnekleri ile kıyaslandığında çalışmamızda kullandığımız ham yağ ve rafine ayçiçek yağı oldukça zengindir.

Mounts vd. (1979), soya yağı ile yaptıkları çalışmada ham soya yağında 600ppm fosfor tespit etmişlerdir. Ostric vd. (1980) Ayçiçek yağı ile çalışmalarında rafinasyon aşamalarında demir ve bakır miktarlarını ppm cinsinden sırasıyla nötralizasyon sonrası yağlarda 0,055-0,75 arasında, ağartmada 0,047-0,63 arasında, deodorize yağda ise 0,055-0,70 arasında değerleri elde etmişlerdir. Ersungur vd.. (2007), kanola yağı çalışmalarında, ham kanola yağında 300 ppm fosfor, 0,5 ppm demir bulunduğunu

belirlemişlerdir. Pirinç kepeği yağı ile yapılan çalışmada, fiziksel rafinasyon işleminin bazı aşamalarında P, Fe, Ca, Mg, Na ve K elementleri ham yağ için sırasıyla; $210,0 \pm 1,3$ (mg/kg); $4,4 \pm 0,2$ (mg/kg); $5,7 \pm 0,1$ (mg/kg); $33 \pm 0,5$ (mg/kg); $10,6 \pm 1,1$ (mg/kg); $110 \pm 1,9$ (mg/kg) şeklinde tespit edilmiştir (Hoed *et al.* 2010).

Ekler kısmında resim 1.1. kontrol filtreleri görülmekte olup ayçiçek yağının rafinasyonunda tespit edilen nanoboyuttaki safsızlıkların görüntüleri 2.1-3.5 görüntüler arasında SEM görünümüleri verilmekte olup nanoboyuttaki safsızlıkların etanol ile muamele edilmemiş ve etanol ile muamele edilmiş SEM görüntülerinde görüldüğü üzere rafinasyonun son aşaması olan deodorizasyon aşamasında nanoboyutta safsızlık tespit edilmediği belirlenmiştir. Yaptığımız çalışma sonucunda elde edilen SEM analizi sonuçları ile ilgili kıyaslanabilecek bir kaynak bulunamadığından dolayı çalışma bu yönüyle özgündür.

Sonuç olarak literatür incelemeleri doğrultusunda ayçiçek yağı ile ilgili belirli konular araştırılmış ancak nanoboyuttaki safsızlıkların tespiti için yaptığımız bu araştırma ile ilgili çalışmaların az sayıda olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle ayçiçek yağının rafinasyon aşamasındaki değişimleri ve nanoboyuttaki safsızlıkları tespit edilerek fizikokimyasal özelliklerinin incelenmesi yağ teknolojisi alanında geleceğe yönelik nanorafinasyon açısından da önem arz etmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akbulut, E.(2012). İşletmelerde İç Kontrol Sisteminin Etkinliğinin İncelenmesi ve Trakya Bölgesindeki Ayçiçek Yağı Sektöründe Bir Araştırma, *Electronic Journal of Vocational Colleges*, **1(2)**: 174-187.
- Aksoy, A.S. (2015). Kimyasal Rafinasyonun Mısır Yağının Bazı Element İçerikleri İle Bazı Kalite Özelliklerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Anjum, F. Anwar, F. Jamil, A. and Iqbal, M. (2006). Microwave Roasting Effects on the Physico-Chemical Composition and Oxidative Stability of Sunflower Seed Oil, *JAOCS*, **83(9)**: 777-778.
- Anonim, 1970. Türk Standartları Enstitüsü, Refraktif İndeks Analiz Standardı-894.
- Anonim, (1989a). Türk Standartlar Enstitüsü, Sabunlaşmayan Maddeler Tayini Standardı 4963.
- Anonim, (2010). Yemeklik Yağların Analizleri 1, Millî Eğitim Bakanlığı, Gıda Teknolojisi Alanı, Ders Modülü, Ankara.
- Anonim, (2012a). Yemeklik Yağların Analizleri 2, Millî Eğitim Bakanlığı, Gıda Teknolojisi Alanı, Ders Modülü, Ankara.
- Anonim, (2012b).Yemeklik Ayçiçek Yağı. Resmi Gazete, Sayı: 28262 Ankara.
- Anonim, (2013). Yağlar ve Yağ Analizleri, Milli Eğitim Bakanlığı, Kimya Teknolojisi Alanı, Ders Modülü, Ankara.
- Anonim, (2015a). 2014 Yılı Ayçiçeği Raporu, Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Koperatifçilik Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, (2015b). Bitkisel Yağların Gaz Likit Kromatografi ile Tespit Edilen Yağ Asitleri Kompozisyonu (Toplam Yağ Asitleri Yüzdesi Olarak). Resmi Gazete, Sayı: 293298, Ankara.
- Anonim, (2016). 2015 Yılı Ayçiçeği Raporu, Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Koperatifçilik Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous, (1971). American Oil Chemists' Society Sapoinable Number in Oi, Ofical Method Cd 30-94 Volume-1:1
- Anonymous (1989). American Oil Chemists' Society Peroxide Value Offical Method Cd 853 (93) Volume-1:1

- Arslan, F.N. (2009). Ülkemizde Üretilen Pamuk Yağlarının Rafinasyonunun İyileştirilmesiyle Kullanım Verimliliklerinin Artırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ayala, J.V. Calliauw, G. Foubert, I. Dewettinck, K. Dyer, B. and Greyt, W.D. (2007). Impacts of Bleaching and Packed Column Steam Refining on Cocoa Butter Properties, *J Am Oil Chem Soc*, **84**:1069–1077. Doi:10.1007/s11746-007-1130-9
- Besler, M. Hefle, S.L. and Jensen-Jarolim, E. (2001). Allergen Data Collection: Sunflower Seed (*Helianthus annuus*), *Internet Symposium on Food Allergens* **3**(2): 103-114.
- Bıyıklı, K. (2009). Türk Zeytinyağlarının Saflık Derecelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Biricik, H. (2001). Performans Atlarının Rasyonlarına Yağ İlave Edilmesinin Kas Glikojen Depoları ve Bazı Besin Maddelerinin Sindirilebilirliği Üzerine Etkileri, *J Faculty Veterinary Medicine* **20**: 143-146. Bursa, Türkiye.
- Büyükfiliz, F. (2016). Vermikompost Gübrelemesinin Ayçiçeği (*helianthus annuus* l.) Bitkisinin Verim ve Bazı Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ.
- Campbell, E. (1983). Sunflower oil. *JAOCS*, Volume-60:2.
- Carelli, A.A. Frizzera, L.M. Forbito, P.R. and Crapiste, G.H. (2002). Wax Composition of Sunflower Seed Oils, *JAOCS*, **79**(8): 763-765. Bahia Blanca, Argentina.
- Catharino, R.R. Haddad, R. Cabrini, L.G. Cunha, İ.B.S. Sawaya, A.C.H.F. and Eberlin, M.N. (2005). Characterization of Vegetable Oils by Electrospray Ionization Mass Spectrometry Fingerprinting: Classification, Quality, Adulteration, and Aging, *Analysis Chemistry* **77**: 7429-7433. Brazil.
- Cert, A. Moreda, W. Perez-Camino, M.C. (2000). Chromatographic Analysis Of Minor Constituents İn Vegetable Oils, *Journal of Chromatography*, **881**: 131–148.
- Chau, C.F. Wu, S.H. and Yen, G.C. (2007). The Development Of Regulations For Food Nanotechnology, *Trends in Food Science & Technology*, **18**: 269-280. Taichung, Taiwan.
- Chun, A.L. (2009). Will The Public Swallow Nanofood?, *Nature Nanotechnology*, **4**: 790-791.

- Cmolik, J. and Pokorny, J. (2000). Physical Refining Of Edible Oils, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.***102**: 472-486.
- Cmolik, J. Schwarz, W. Svoboda, Z. Pokorny, J. Reblova, Z. Dolezal, M. and Valentova, H. (2000). Effects Of Plant-Scale Alkali Refining and Physical Refining On The Quality Of Rapeseed Oil, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 15-22. Czech Republic.
- Copeland, D. Belcher, M. (2005). Vegetable Oil Refining, U.S. Patent, US 6 844 458 B2.
- Costa, J. Amaral, J.S. Mafra, I. and M. Oliveira, B.P.P. (2011). Refining of Roundup Readyw Soya Bean Oil: Effect On The Fatty Acid, Phytosterol and Tocopherol Profiles, *Europe Journal Lipid Science Technoogyl*, **113**: 528-535.
- Coşge, B. (2007). Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*)’nin Bazı Morfolojik Karakterleri ve Tohum Verimi Üzerine Metanolün Etkisi, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, **13** (3): 246-252.
- Crapiste, G.H., Brevedan, M.I.V. and Carelli, A.A. (1999). Oxidation of Sunflower Oil During Storage, *JAOCS*, **76** (12): 1437-1443. Argentina.
- Cushena, M. Kerryb, J. Morrisc, M. Cruz-Romerob, M. and Cummins, E. (2012). Nanotechnologies in the food industry e Recent developments, risks and regulation *Trends in Food Science & Technology* **24**: 30-46. Ireland.
- Çalışkan, T. (2008). Rafinasyon İşlemlerinin Bitkisel Yağlarda İzomeri Oluşumu ve Oksidatif Stabilité Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dağ, A. (2014). Nanoteknolojinin Gıdalara Uygulanması ve Sağlık Üzerine Etkisi, Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, *Beslenme ve Diyet Dergisi* **42**(2):168-174. Lefkoşa, KKTC.
- Derin, A. (2017). Edirne İli Uzunköprü İlçesinde Yetiştirilen Ayçiçeği (*Helianthus Annuus L.*) Bitkisinin Beslenme Durumunun Bitki Analizleriyle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Derman, S. Kızılbey, K. ve Akdeste, Z.M. (2013). Polimerik Nanopartiküller, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, *Sigma* **31**: 107-120.

- Dingman, J. (2008). Nanotechnology: Its Impact on Food Safety, *Journal of Environmental Health*, **70**(6): 47-50.
- Eken, H. (2004). Ayçiçeği, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü – *Bakış*, **5**(11): 1-4.
- Erçev Danışmanlık Arıtma Çevre Denetimi İlaçlama İnş. San. Ve Tic. Ltd. Şti. (2013). Bitkisel Yağ ve Rafinasyon, Ham Sabun, Küspe, Linter Üretimi Tesisi Kapasite Artışı ÇED Raporu, İzmir.
- Erfa, M.A. (2007). Ham ve Rafine Ayçiçeği Yağı Üretiminde TS EN ISO 22000 Gıda Güvenliği Sisteminin Kurulması, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Ergen, Y. ve Sağlam, C. (2005). Bazı Çerezlik Ayçiçeği (*Helianthus Annuus L.*) Çeşitlerinin Tekirdağ Koşullarında Verim ve Verim Unsurları, Tekirdağ Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, **2**(3): 221-227, Tekirdağ.
- Erkoç, Ş. (2014). Nanobilim ve Nanoteknoloji, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü, ANKARA
- Ersungur, S. (2008). Üretim Yönteminin Kolza Yağının Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erturk, H. (1999). Yerli Killerin Bitkisel Yağların Rafinasyonunda Ağartma Toprağı Olarak Kullanılması, Ş. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye.
- Faydaoğlu, E. ve Sürücüoğlu, M.S. (2011). Geçmişten Günümüze Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanılması ve Ekonomik Önemi, Kastamonu Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, **11**(1): 52-67. Kastamonu.
- Ferrari, R.A. Schulte, E. Esteves, W. Briehl, L. and Mukherjee, K.D. (1996). Minor Constituents of Vegetable Oils During Industrial Processing, *JAOC*, **73**(5): 587-592. Germany.
- Georing, C.E., Schwab, A.W. and Daughurt, M.J. (1982). Fuel properties of eleven vegetable oils. *Transactions of ASAE*.
- Ghazani, S.M. and Marangoni, A.G. (2013). Minor Components in Canola Oil and Effects of Refining on These Constituents: A Review, *J Am Oil Chem Soc*. Doi: 10.1007/s11746-013-2254-8. Canada.

- Gomes, T. Caponio, F. and Delcuratolo, D. (2003). Fate of Oxidized Triglycerides During Refining of Seed Oils, *Journal Agriculture Food Chemistry*, **51**: 4647–465. Bari, Italy.
- Gökmen, S. Palamutoğlu, R. ve Sarıçoban, C. (2012). Gıda Endüstrisinde Enkapsülasyon Uygulamaları, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **7**(1): 36-50.
- Güler, G. (2009). Soğuk Presyon ve Kimyasal Rafinasyon Yöntemleri İle Üretilen Kanola (Kolza) Yağlarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Gürkan, H. Bayraktar, N. Bulut, H. Koçak, N. Eskiöglü, O. ve Demircan, M. (2016). İklim Değişikliğinin Ayçiçeği (*Helianthus Annuus L.*) Verimine Olası Etkilerinin İncelenmesi: Marmara Bölgesi Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi, XII. Tarım Ekonomisi Kongresi.
- Helme, J.P. (1984). Soybean Oil Refining Consultant, Paris.
- Hışıl, Y. (2004). Enstrümantal Gıda Analizleri. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İzmir-2004, 39s.
- Hoed, V.V. Ayala, J.S. Czarnowska, M. Greyt W.D. and Verhe, R. (2010). Optimization of Physical Refining to Produce Rice Bran Oil with Light Color and High Oryzanol Content, *Journal American Oil Chemistry Society*, **87**:1227–1234, Doi: 10.1007/s11746-010-1606-x.
- Hwang, L.S. (2005). Sesame Oil, National Taiwan University, Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, **6**: 537-576, Taipei, Taiwan.
- İlyasoğlu, H. ve El, S.N. (2010). Nanoemülsiyonlar: Oluşumları, Yapıları ve Kollodial Salınım Sistemleri Olarak Gıda Sektöründe Kullanım Alanları, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, *Gıda* **35**(2): 143-150.
- Karaca, E. ve Aytaç, S. (2007). Yağ Bitkilerinde Yağ Asitleri Kompozisyonu Üzerine Etki Eden Faktörler, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, **22**(1):123-131.
- Kavakoğlu, H. Okur, Y. (2014). Ankara'nın Ayçiçeği (Çerezlik-Yağlık) Profili Ankara Ticaret Borsası Ar-Ge Müdürlüğü, Sektör Araştırmaları Rapor No:2, Ankara.
- Kayahan, M. (2000). Yağ Tüketimi ve Sağlık, *Gıda Mühendisliği Dergisi*, **9**: 39-47.
- Kıvrak, M. (2015). Ayçiçek Yağı. Ders Notu, Balıkesir Üniversitesi, Edremit Meslek Yüksekokulu Zeytincilik ve Zeytin İşleme Teknolojisi Programı, Balıkesir.

- Kıvrak, M. (2016). Zeytinyağı Kalite Kontrol Kriterleri. Ders Notu, Balıkesir Üniversitesi, Edremit Meslek Yüksekokulu Zeytincilik ve Zeytin İşleme Teknolojisi Programı, Balıkesir.
- Kolsarıcı, Ö. Gür, A. Başalma, D. Kaya, M.D. ve İşler, N. (2005). Yağlı Tohumlu Bitkiler Üretimi, Lisans Tezi,
- Kolsarıcı, Ö. Gür, A. Başalma, D. Kaya, M.D. ve İşler, N. (2016). Yağlı tohumlu bitkiler üretimi. Tarım ve Mühendislik Dergisi. Sayı:78-79
- Köksal, F. ve Köseoğlu, R. (2014). Nanobilim ve Nanoteknoloji, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti. 1. Basım, Ankara.
- Kreps, F. Vrbikova, L. and Schmidt, S. (2014). Influence of Industrial Physical Refining On Tocopherol, Chlorophyll and Beta-Carotene Content in Sunflower and Rapeseed Oil, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **116**: 1572–1582.
- Kuleaşan, Ş. (2004). Ham yağların Nötralizasyonunda Destek Maddesi Kullanımı Üzerine Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Kurşun, E. (2002). Ayçiçek Asidik Yağının Enzimatik Esterleşmesi İle Yağ Asidi Esterlerinin Üretimi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lacombe, S. and Berville, A. (2001). A Dominant Mutation For High Oleic Acid Content In Sunflower (*Helianthus Annuus L.*) Seed Oil Is Genetically Linked To A Single Oleate-Desaturase RFLP Locus, *Molecular Breeding* 8: 129–137, Netherlands.
- Lazardio, A. (2004). Composition, thermal and rheological behaviour of selected Grek honeys. *Journal of Food Engineering*, **64**: 9-21.
- Lechner, M., Reiter, B., Lorbeer, E., (1999). Determination of tocoferols and sterols in vegetable oils by solid phase extraction and subsequent capillary gas chromatogrophe analysi. *J. Chrom. A.*, **857**: 231-238.
- Leela A. and Vivekanandan, M. (2008). Tapping the unexploited plant resources for the synthesis of silver nanoparticles, *African Journal of Biotechnology* Vol. **7** (17): 3162-3165.

- Meetoo, D.D. (2011). Nanotechnology and the Food Sector: From the Farm to the Table, School of Nursing and Midwifery, College of Health and Social Care, University Of Salford, *Journal Food Agriculture*, **23** (5): 387-403.
- Mehlenbacher V.C., Walker, R.O., Walker R. and Link, W.E. (1985). Lovibond Method. official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society.
- Mounts, T.L. List, G.R. and Heakin, A.J. (1979). Postharvest Handling of Soybeans: Effects on Oil Quality¹, *Journal of the American Oil Chemists Society*, **56**: 883-885.
- Nas, S. (2001). Bitkisel Yağ Teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Denizli-2001, 298s.
- Ostriç-Matijaseviç, B. Turkulov J. and Karloviç, D. (1980). Quality of Sunflower Oil Bleached During Deodorization, *JAACS*, 323-325.
- Ozimek, L. Pospiech, E. Narine, S. (2010). Nanotechnologies In Food And Meat Processing, *Acta Science Poly, Technology Aliment*, **9**(4): 401-412.
- Özcan, M. and Seven, S. (2003). Physical and Chemical Analysis and Fatty Acid Composition of Peanut, Peanut Oil and Peanut Butter From ÇOM and NC-7 Cultivars, *Grasasy Aceites* **54**(1): 12-18.
- Özer, Y. (2008). Nanobilim ve Nanoteknoloji: Ülke Güvenliği / Etkinliği Açısından Doğru Modelin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Teknoloji Yönetimi Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Özkan, F. (2016). Bitkisel Yağ Üretim Tesisi Yatırım Fizibilitesi, Sektörel/Ekonomik Değerlendirme, Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı, Muş.
- Özkaya, H. (1988). Analitik gıda kontrolü. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No: 1068, Ankara.
- Özüdoğru, T. Miran, B. Taşkaya Top, B. ve Uçum, İ. (2015). Pamuk, Ayçiçeği, Soya Üretiminde Fark Ödemesi Desteklerinin Etkisi, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü TEPGE, Yayın No: 262, Ankara.
- Parker W.A. and Melnick, D. (1966). Absence of Aflatoxin from Refined Vegetable Oils, *The Journal Of The American Oil Chemists Society*, **43**: 635-638.
- Pestana, V.R., Zambiasi, R.C., Mendonça, C.R.B., Bruscatto, M.H., Lerma-Garcia, M.J. and Ramis-Ramos, G. (2008). Quality Changes and Tocopherols and c-Orizanol

Concentrations in Rice Bran Oil During the Refining Process, *J Am Oil Chem Soc*,**85**: 1013–1019, Doi: 10.1007/s11746-008-1300-4.

Pilaslı, A. (2014). Trakya Bölgesinde 2012 Ve 2013 Hasat Dönemlerinde Üretilen Ayçiçeği Tohumlarının Bazı Kimyasal Özellikleri İle Yağ Asidi Bileşimlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Sav, O. ve Sayın, C. (2016). Türkiye’de Yağlı Tohumlar Sektörü ve İzlenen Politikalar, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, XII. Ulusal Tarım Kongresi.

Schmidt, J.H. (2015). Life Cycle Assessment of Five Vegetable Oils, *Journal of Cleaner Production*,**87**: 130-138.

Sezen, S.M., Yazar, A., Tekin, S. ve Yıldız, M. (2016). Kısmi Kök Kuruluşu ve Kısımlı Sulama Stratejilerinin Damla Yöntemiyle Sulanan Ayçiçeği Verim Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, *Alatarım*,**15**(2): 44-50.

Sinağ, P. ve Fenercioğlu, H. (1994). Rafine ayçiçek yağı üzerine ambalaj ve saklama koşulları ile sürenin etkileri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, **19**: 49-52

Skujins, J. (1998). Handbook for ICP-AES (Varian-Vista). A short Guide to Vista Series ICP-AES Operation. Switzerland.

Sorrentino, A., Gorrasi, G. and Vittoria, V. (2007). Potential Perspectives of Bio-Nanocomposites For Food Packaging Applications, *Trends in Food Science & Technology*,**18**: 84-95.

Sürengil, G. ve Kılınç, B. (2011). Gıda-Ambalaj Sektöründe Nanoteknolojik Uygulamalar ve Su Ürünleri Açısından Önemi, *Journal of Fisheries Sciences*, **5**(4): 317-325, Doi: 10.3153/jfscom.2011036.

Süzer, S. Ayçiçeği Yetiştiriciliği, Çiftçi Broşürü, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Edirne.

Swern, D. (Editor), “Bailey’s Industrial Oil and Fat Products”, Vol. 2, 2nd Edn., John Wiley and Sons, New York, NY, 1982.

Tan, A.Ş.(2007). Ayçiçeği Tarımı, Çiftçi Broşürü, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, No: 136, İzmir.

- Tandy, D.C. and Mcpherson, W.J. (1984). Physical Refining of Edible Oil, *JAOCS*, **61**(7): 1253-1258.
- Teasdale B, Mag TK (1973). Alınmıştır.Sleeter RT (1981).Effects of processing on qualityof soybean oil. *Journal of American Oil Chemists Society*, 58: 239-247.
- Tiede, K., Boxall, A.B.A., Tear S.P. Lewis, J. David, H. & Hassellöv, M. (2008). Detection And Characterization Of Engineered Nanoparticles in Food And The Environment, *Food Additives and Contaminants* **25**(7): 795–821. Doi: 10.1080/02652030802007553
- Tosun, A. ve Özkal, N. (2000). Helianthus Türlerinin Kimyasal İçeriği ve Biyolojik Etkileri, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi* **29**(2): 49-74. Ankara
- Tosun, M. (2003). Bitkisel Sıvı Yağlar Sektör Araştırması, Türkiye Kalkınma Bankası AŞ, Genel Araştırmalar, Ankara.
- Ulusoy, Y. ve Alibaş, K. (2002). Diesel Motorlarda Biodiesel Kullanımının Teknik ve Ekonomik Olarak İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, **16**: 37-50.
- Vilvert, E. Lana, M. Zander, P. and Sieber, S. (2018). Multi-Model Approach For Assessing The Sunflower Food Value Chain In Tanzania, *Agricultural Systems*, **159**: 103-110.
- Weir, A. Westerhoff, P. Fabricius, L. Hristovski, K. And Goetz, N.V. (2012). Titanium Dioxide Nanoparticles in Food and Personal Care Products, *Environmental Science Technogy*.**46**: 2242–2250.
- Wiedermann, L.H. (1981). Degumming, Soybean Oil Refining and Bleaching, World Conference On Soya Processing And Utilization, *Jaocs*, March 1981, 159-166.
- Yalçın, K.A. (2010). Nanoteknoloji ve Gıda Sanayiinde Uygulama Alanları, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Yemişçioğlu, F., Özdikicierler, O. Gümüşkesen, A.S. ve Sönmez, A. E. (2013). Bitkisel Yağ Rafinasyon Artıklarının Değerlendirilmesi, *Gıda* **38**(6): 367-374. Doi: 10.5505/ gida.2013.36855.
- Yemişçioğlu, F., Özdikicierler, O. ve Gümüşkesen, A.S. (2016). Bitkisel Yağ Rafinasyonunda Yeni Bir Yaklaşım: Minimal Rafinasyon, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İzmir, *Akademik Gıda* **14**(2): 172-179.

- Yılmaz, F.F. (2017). Entisol, İnceptisol, Vertisol Ordosu Topraklarında Yetiştirilen Farklı Ayçiçeği Tohumlarının Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Yoon, S.H. and Kim, S.K. (February 1994). Oxidative Stability of High-Fatty Acid Rice Bran Oil at Different Stages of Refining, Korea Food Research Institute, *Jaocs*, **71**: 227-229, Seongnamsi, Korea.
- Yüksel E. (2010). Çeşitli Rafine Bitkisel Yağlarda ve Kahvaltılık Margarinlerde Bazı Element Element İçeriklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.

İnternet Kaynakları

- 1- <https://gida.erciyes.edu.tr/upload/2SB5YUT1-gidalarda-refraktİf-İndeks-ve-renk-tayInI.pdf>, 24.11.2017
- 2- <http://web.hitit.edu.tr/ibrahimbilici/dersmateryalleri/17878/odevler/662>, 16.12.2017
- 3- <http://erkoc.physics.metu.edu.tr>, 25.01.2018
- 4- <https://www.laboratuvar.com/gida-analizleri/kimyasal-analizler/sabunlasma-sayisi-tayini>, 21.03.2018
- 5- <https://www.foodelphi.com/bitkisel-yaglarda-yag-asitleri-ve-sterol-kompozisyonu-aysu-acar/>, 24.03.2018
- 6- <https://www.sgs.com.tr/tr-tr/life-sciences/laboratory-services/impurities-and-contaminants-analysis-in-biotech-or-biologics-products/fatty-acid-composition-analysis>, 13.04.2018
- 7- <https://www.bysd.org.tr/uploads/raporlar/aycicegi.pdf>, 05.05.2018
- 8- <https://gida.erciyes.edu.tr/upload/DGBZAJ06.-hafta-yaglarda-peroksit-sayisi-tayini-1.pdf>, 24.11.2017
- 9- <https://gida.erciyes.edu.tr/upload/DGBZAJ010.-hafta--serbest-asit-ve-peroksit-sayisi.pdf>, 24.11.2017
- 10- <https://www.bysd.org.tr/tr/Haber/1043>, 21.09.2018
- 11- https://www.trouwnutrition.com.tr/contentassets/5ad87435a1d34111bb0d24d2c5a878b9/ruminant-katk-servisler/katki_bulten2006-14.pdf, 10.07.2018

ÖZGEÇMİŞ

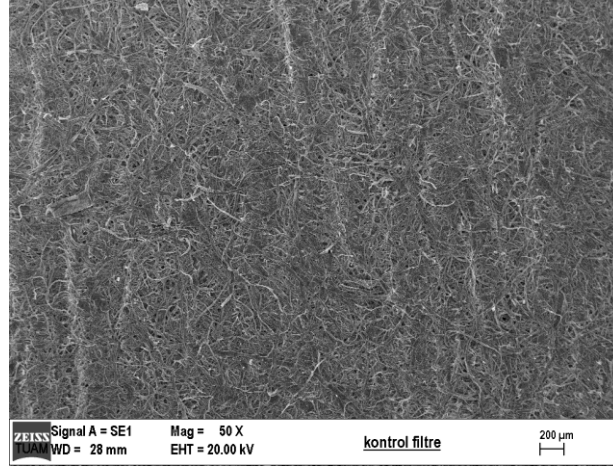
Adı Soyadı : Tuğba KARAYİĞİT
Doğum Yeri ve Tarihi : Sivas, 24/12/1982
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim : t_krygt1453@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

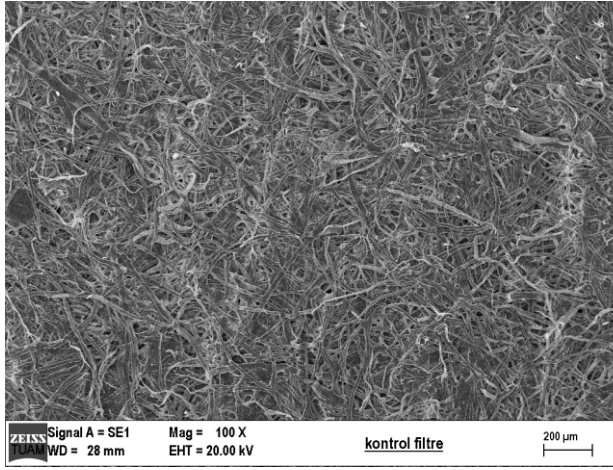
Lise : Medine Tayfur Sökmen Lisesi (1996-2000)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi
Biyoloji Bölümü (2009-2016)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Nanobilim ve Nanoteknoloji Anabilim Dalı (2016-2018)

EKLER

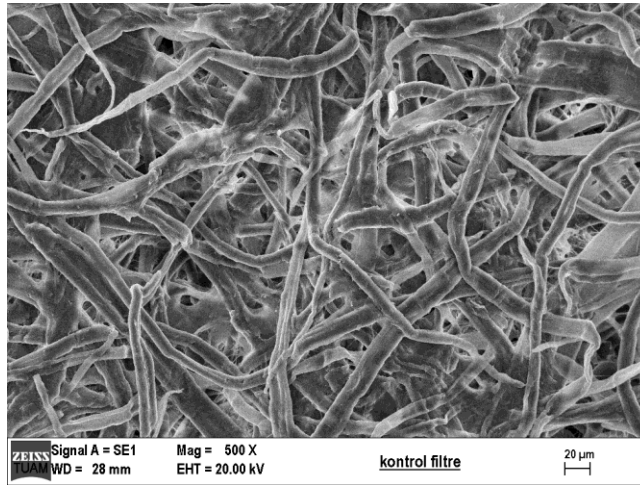
EK 1 Kontrol Filtresi SEM Topografik Görünüm



Kontrol filtresi SEM 50 kez büyütülmüş topografik görünüm



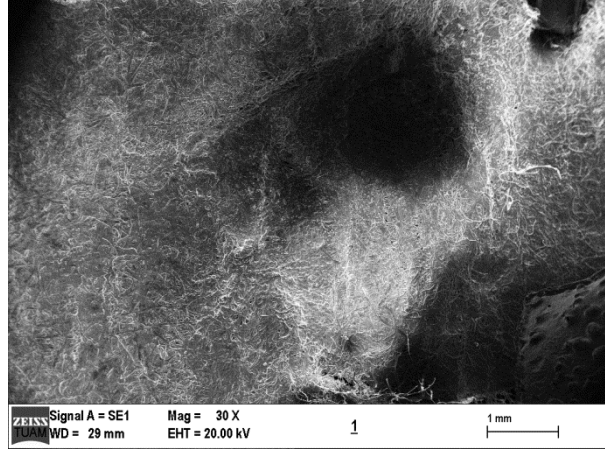
Kontrol filtresi SEM 100 kez büyütülmüş topografik görünüm



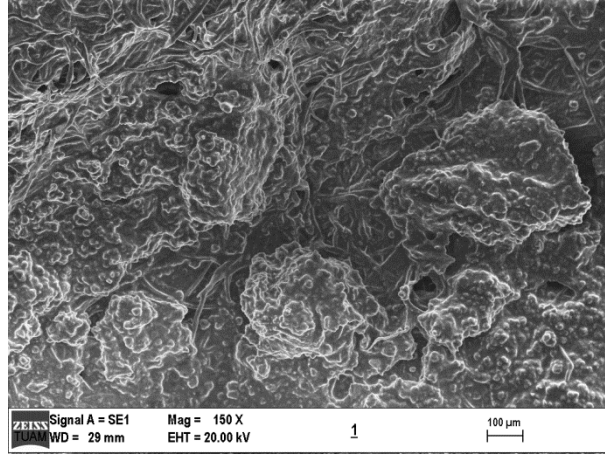
Kontrol filtresi SEM 500 kez büyütülmüş topografik görünüm

EK 2 Ayçiçek Yağı Örneklerinin Etanol ile Muamele Edilmeden SEM Analizi

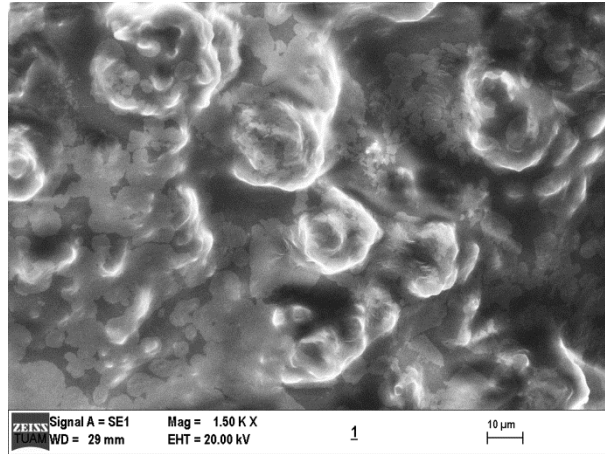
2 Ham Yağ SEM Topografik Görünüm



Ham yağ SEM 30 kez büyütülmüş topografik görünüm.

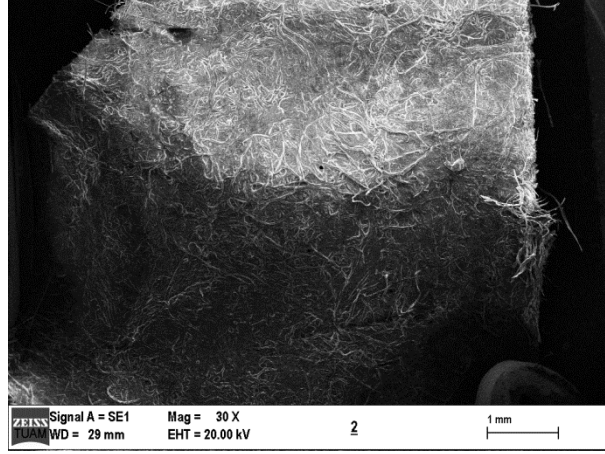


Ham yağ SEM 150 kez büyütülmüş topografik görünüm.

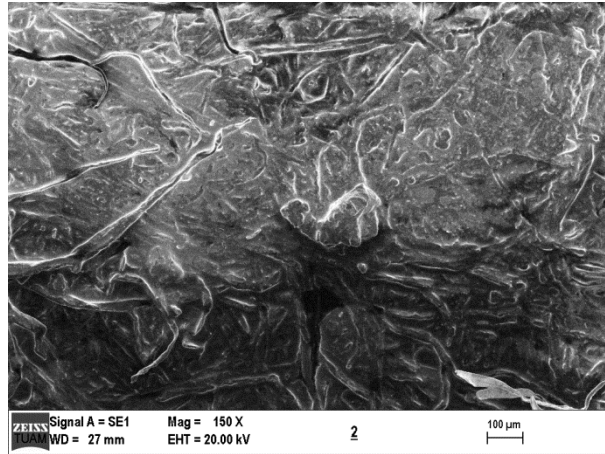


Ham yağ SEM 1500 kez büyütülmüş topografik görünüm.

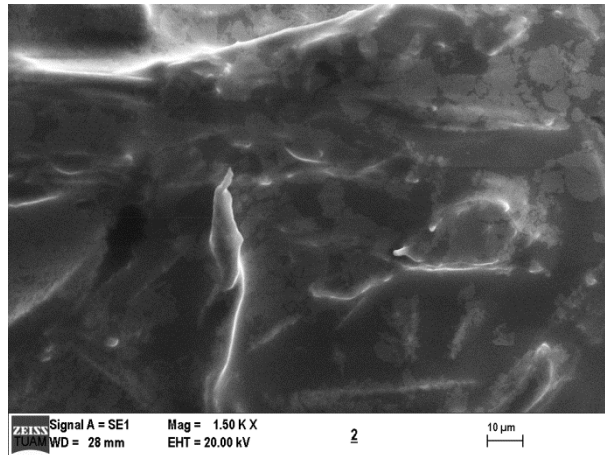
2 Nötralize Yağ SEM Topografik Görünüm



Nötralize yağ SEM 30 kez büyütülmüş topografik görünüm.

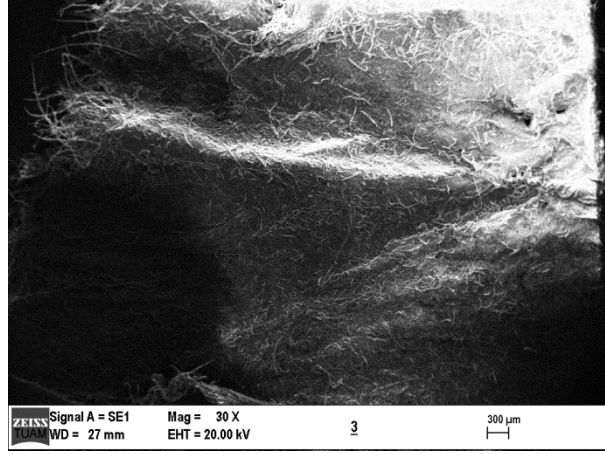


Nötralize yağ SEM 150 kez büyütülmüş topografik görünüm.

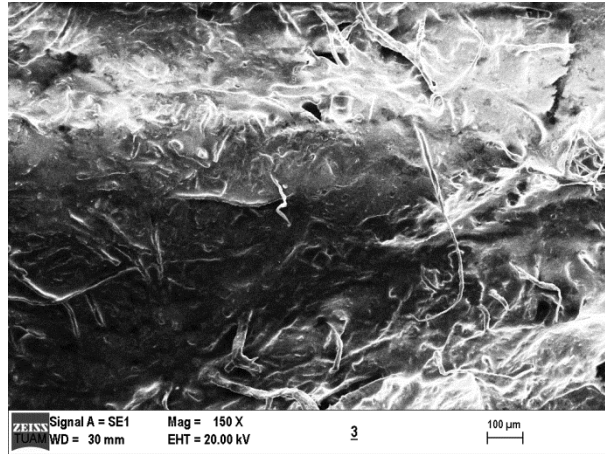


Nötralize yağ SEM 1500 kez büyütülmüş topografik görünüm.

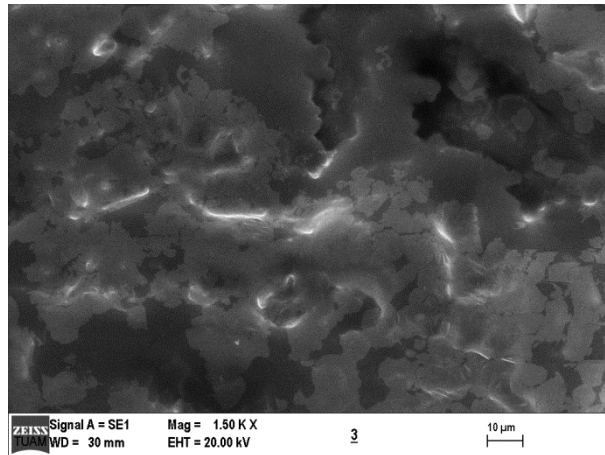
2 Ağartma Yağ SEM Topografik Görünüm



Ağartma yağ SEM 30 kez büyütülmüş topografik görünüm.

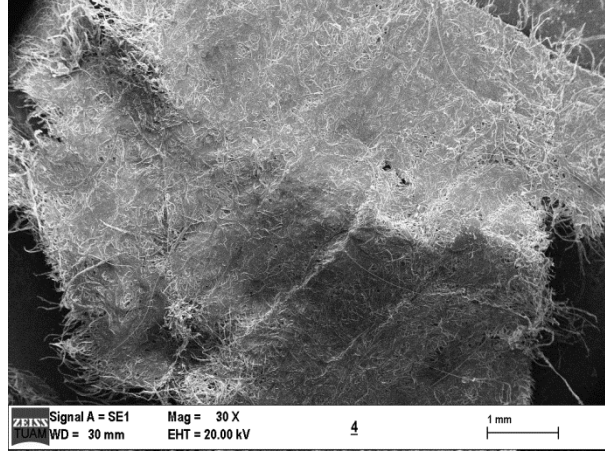


Ağartma yağ SEM 150 kez büyütülmüş topografik görünüm.

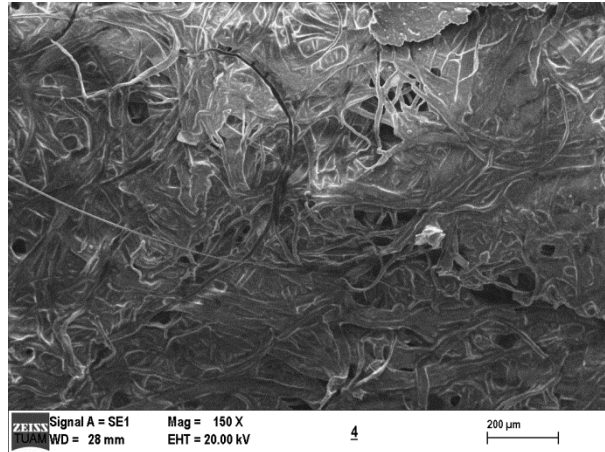


Ağartma yağ SEM 1500 kez büyütülmüş topografik görünüm.

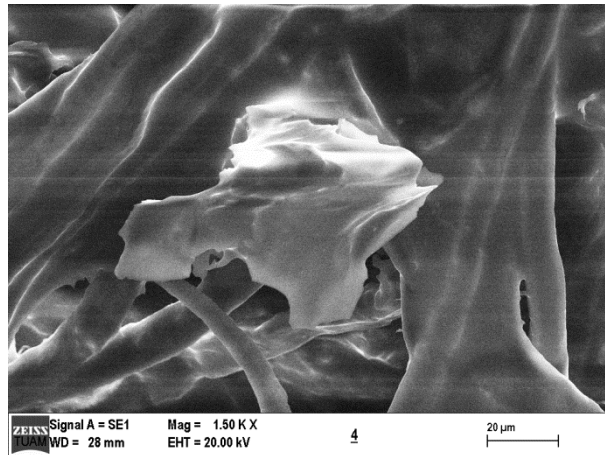
2 Vinterize Yağ SEM Topografik Görünüm



Vinterize yağ SEM 30 kez büyütülmüş topografik görünüm.

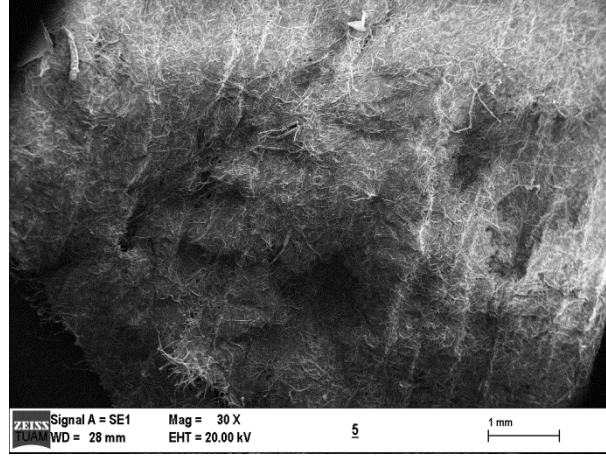


Vinterize yağ SEM 150 kez büyütülmüş topografik görünüm.

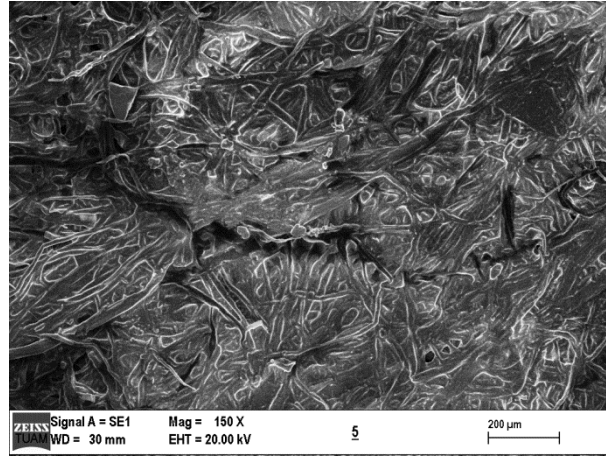


Vinterize yağ SEM 1500 kez büyütülmüş topografik görünüm.

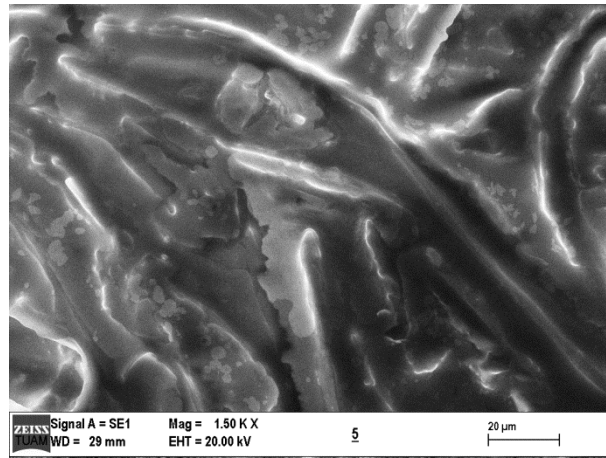
2 Deodorize Yağ SEM Topografik Görünüm



Deodorize yağ SEM 30 kez büyütülmüş topografik görünüm.



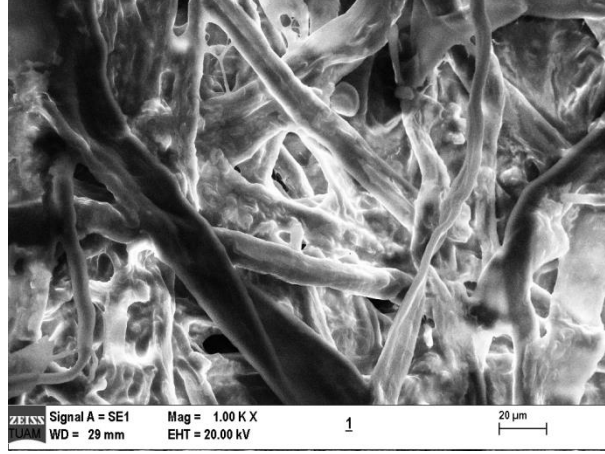
Deodorize yağ SEM 150 kez büyütülmüş topografik görünüm.



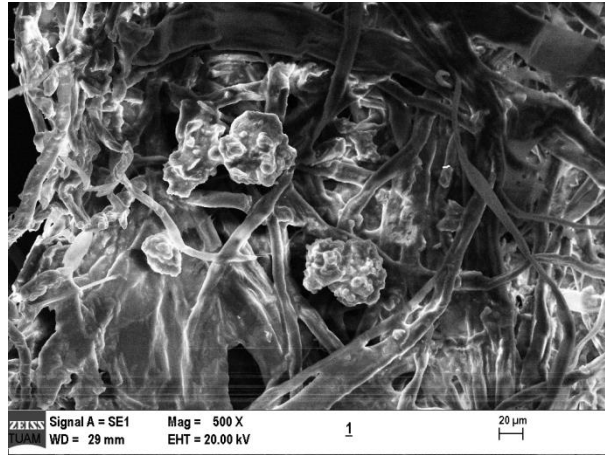
Deodorize yağ SEM 1500 kez büyütülmüş topografik görünüm.

EK 3 Ayçiçek Yağı Örneklerinin Etanol ile Muamele Edildikten Sonra SEM Analizi

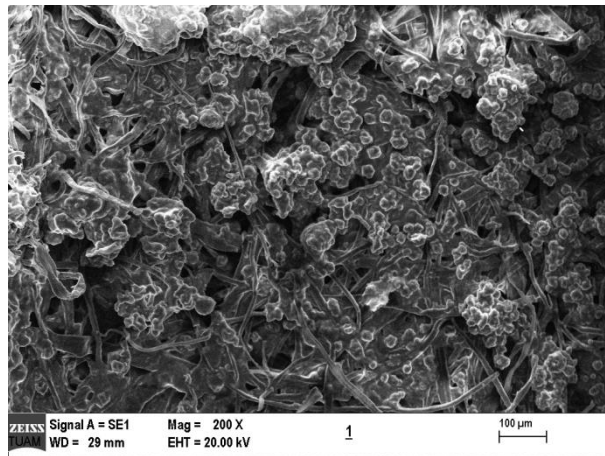
3 Ham Yağ SEM Topografik Görünüm



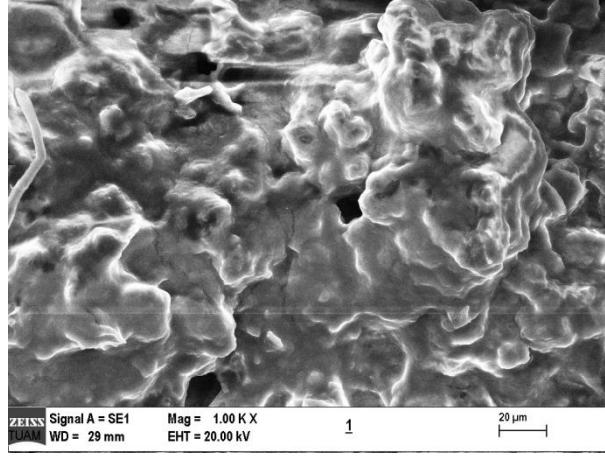
Ham yağ SEM 1000 kez büyütülmüş topografik görünüm.



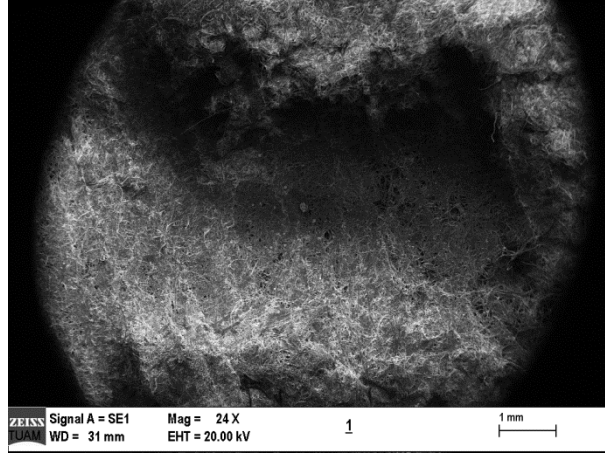
Ham yağ SEM 500 kez büyütülmüş topografik görünüm.



Ham yağ SEM 200 kez büyütülmüş topografik görünüm.

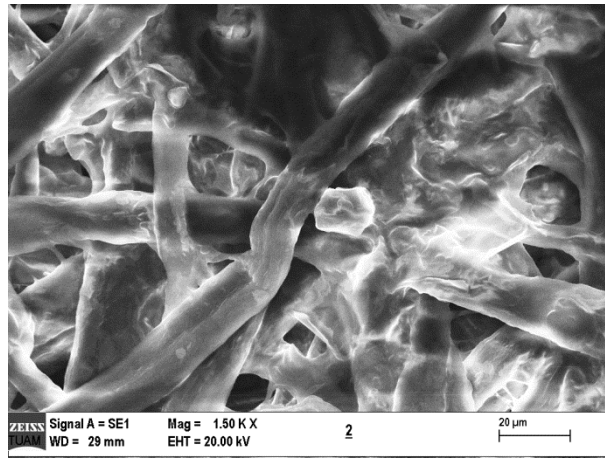


Ham yağ SEM 1000 kez büyütülmüş topografik görünüm.

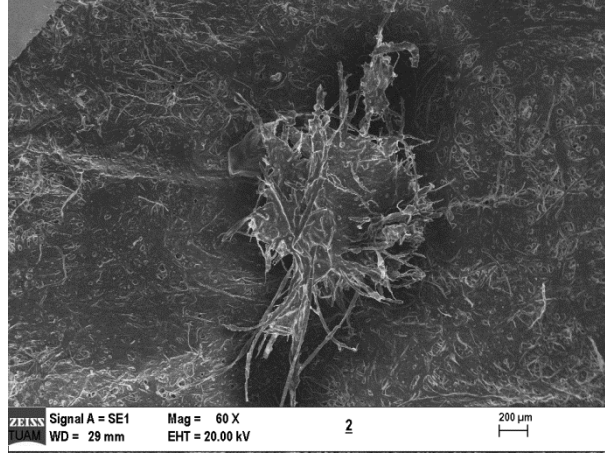


Ham yağ SEM 24 kez büyütülmüş topografik görünüm.

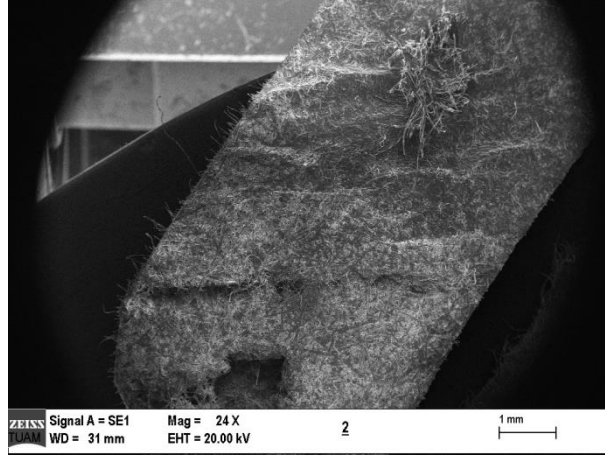
3 Nötralize Yağ SEM Topografik Görünüm



Nötralize yağ SEM 1500 kez büyütülmüş topografik görünüm.

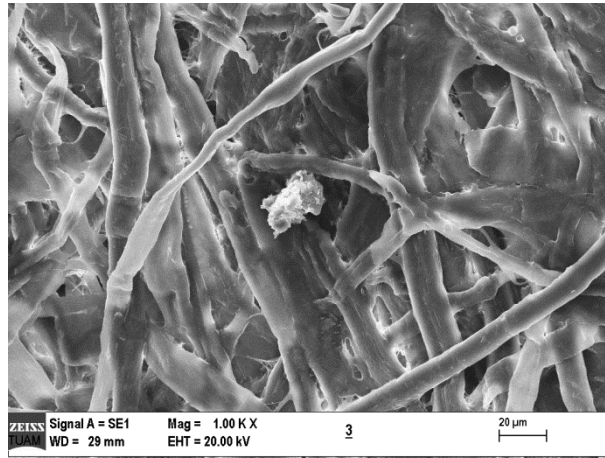


Nötralize yağ SEM 60 kez büyütülmüş topografik görünüm.

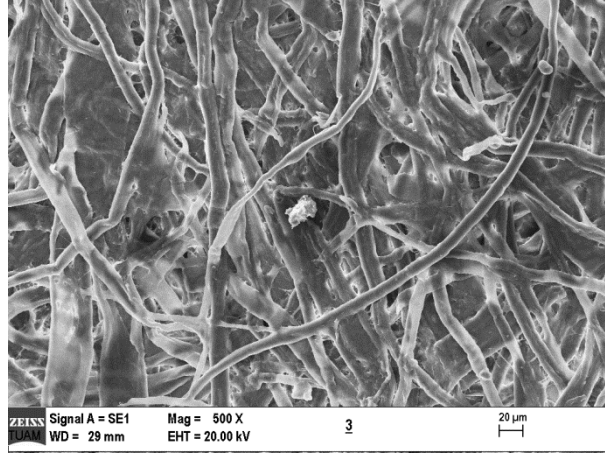


Nötralize yağ SEM 24 kez büyütülmüş topografik görünüm.

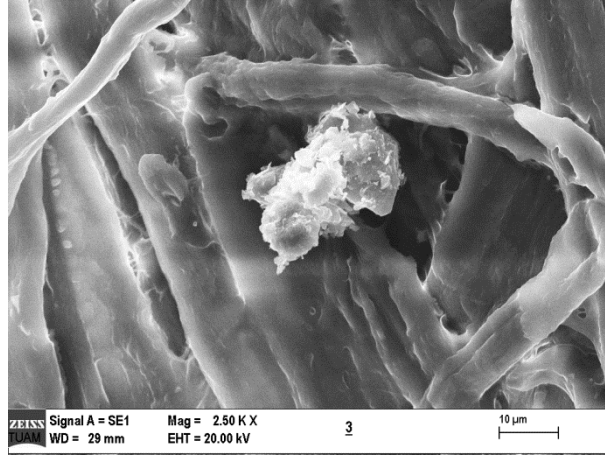
3 Ağartma Yağ SEM Topografik Görünüm



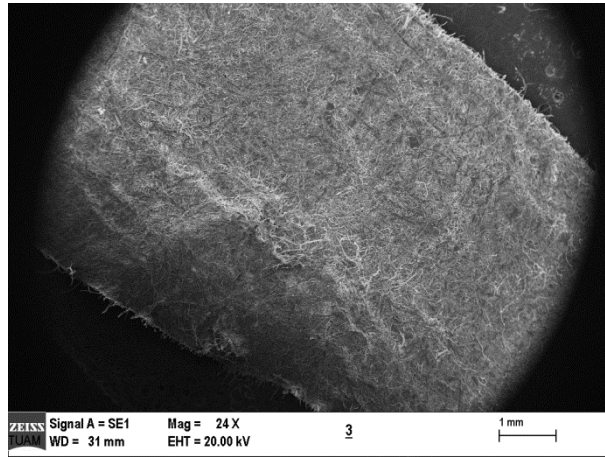
Ağartma yağ SEM 1000 kez büyütülmüş topografik görünüm.



Ağartma yağ SEM 500 kez büyütülmüş topografik görünüm.

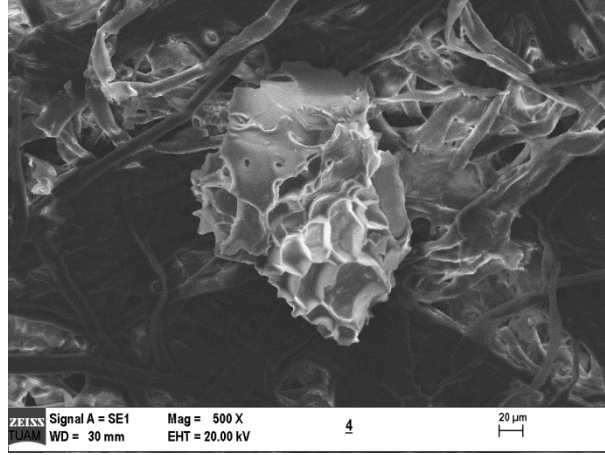


Ağartma yağ SEM 2500 kez bytlmş topografik grnm.

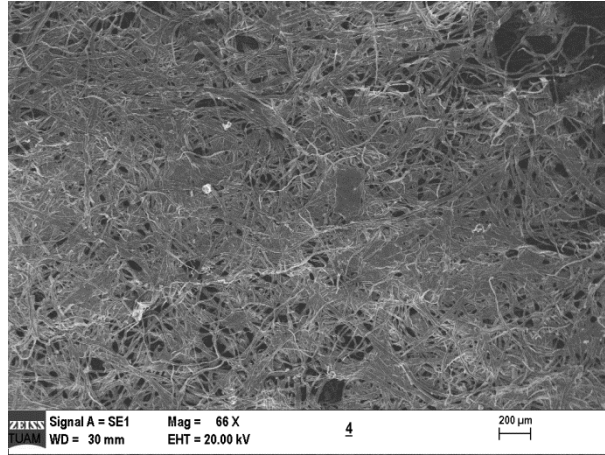


Ağartma yağ SEM 24 kez bytlmş topografik grnm.

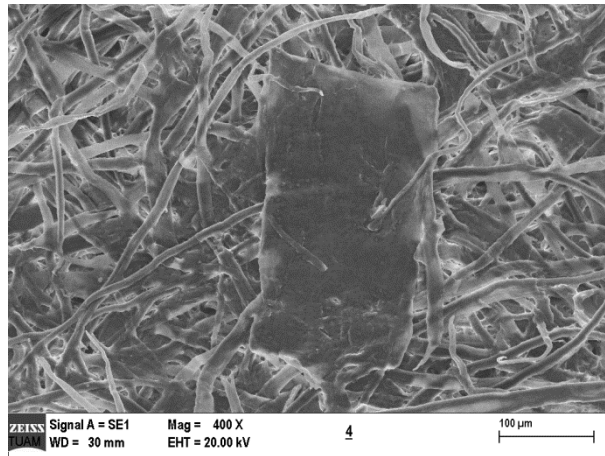
3 Vinterize Yağ SEM Topografik Görünüm



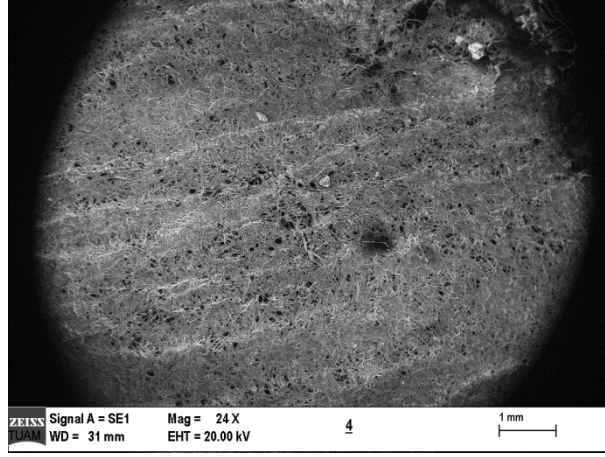
Vinterize yağ SEM 500 kez büyütülmüş topografik görünüm.



Vinterize yağ SEM 66 kez büyütülmüş topografik görünüm.

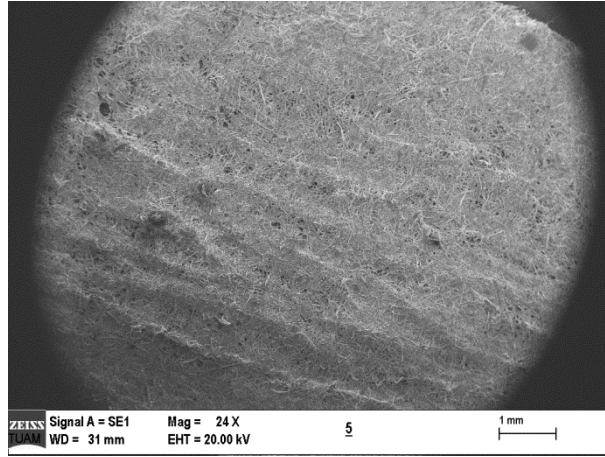


Vinterize yağ SEM 400 kez büyütülmüş topografik görünüm.

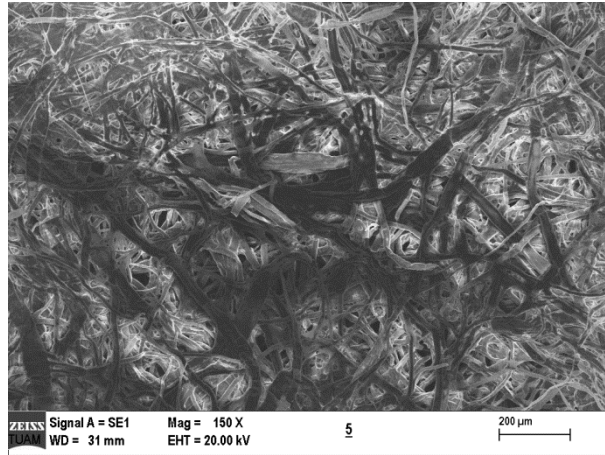


Vinterize yağ SEM 24 kez büyütülmüş topografik görünüm.

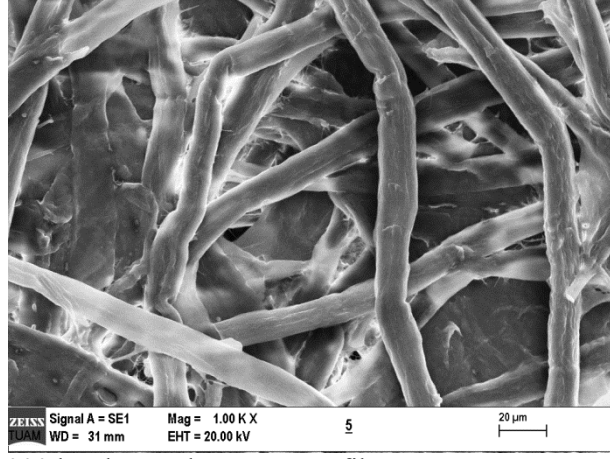
3 Deodorize Yağ SEM Topografik Görünüm



Deodorize yağ SEM 24 kez büyütülmüş topografik görünüm.



Deodorize yağ SEM 150 kez büyütülmüş topografik görünüm.



Deodorize yağ SEM 1000 kez büyütülmüş topografik görünüm.