

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SOĞUK PRES VE ÇÖZÜCÜ EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİNİN ÇÖREK
OTU VE KETEN TOHUMU YAĞLARININ BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Kübra SADIKSOY TUNÇAY
DANIŞMAN: Prof. Dr. İsa CAVİDOĞLU

VAN-2020

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SOĞUK PRES VE ÇÖZÜCÜ EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİNİN ÇÖREK
OTU VE KETEN TOHUMU YAĞLARININ BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Kübra SADIKSOY TUNÇAY

Bu çalışma Van YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından **FYL-2019-7857** nolu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. İsa CAVİDOĞLU danışmanlığında, Kübra TUNÇAY (SADIKSOY) tarafından sunulan “**Soğuk Pres ve Çözücü Ekstraksiyon Yöntemlerinin Çörek Otu ve Ketan Tohumu Yağlarının Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi**” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 07/08/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:

İmza:

Üye:

İmza:

Üye: **Prof. Dr. İsa CAVİDOĞLU**
(Danışman)

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../2020 tarih ve
..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../2020

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Suat ŞENSOY

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Kübra SADIKSOY TUNÇAY



ÖZET

SOĞUK PRES VE ÇÖZÜCÜ EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİNİN ÇÖREK OTU VE KETEN TOHUMU YAĞLARININ BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

SADIKSOY TUNÇAY, Kübra
Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. İsa CAVİDOĞLU
Ağustos 2020, 51 sayfa

Bu çalışmada soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu, sokselet yöntemleri ve hızlandırılmış oksidasyon koşullarının çörek otu ve keten tohumu yağlarının bazı özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çörek otu ve keten tohumu yağlarının baskın yağ asitlerinin sırasıyla, linoleik asit (% 55.85-56.43) ve linolenik asit (% 50.77-52.60) olduğu saptanmıştır. Keten tohumu yağının α - ve γ -tokoferol içeriğinin çörek otu tohumu yağından daha yüksek olduğu saptanırken, hızlandırılmış oksidasyon koşullarında örneklerin tokoferol içeriklerinde önemli düzeyde azalma saptanmıştır. Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve keten tohumlarının yağsız küspelerinin fenolik madde içerikleri sırasıyla, 3556.25, 1372.91, 1277.08 ve 2004.16, 1079.16, 785.41 mg gallik asit eşdeğeri/g yağsız kısım olarak bulunmuştur. Örneklerin antioksidan aktiviteleri ile fenolik madde içerikleri uyumlu bulunmuştur. Soğuk pres yöntemi ile elde edilen örneklerin tokoferol, toplam fenolik ve antioksidan aktivite değerleri daha yüksek bulunmuştur. Hızlandırılmış oksidasyon koşullarında çörek otu yağının % serbest asitlik ve peroksit içeriği keten tohumu yağından yüksek bulunurken, oksidasyonun ikincil ürünleri açısından keten tohumu yağı içeriği daha yüksek bulunmuştur. Sonuçlar, çörek otu ve keten tohumlarının elzem yağ asitleri, tokoferol ve fenolikler açısından zengin kaynaklar olduklarını göstermektedir. Birincil oksidasyon parametrelerinin yüksek çıkması ve koyu kahverengi nedeniyle çörek otu yağı kısmen rafine edilmelidir. Keten tohumu, oksidasyonun ikincil ürünleri oluşmadan taze kullanılmalıdır. Yüksek fenolik madde içerikleri nedeniyle çörek otu ve keten tohumları küspeleri ile birlikte değerlendirilmelidir.

Anahtar kelimeler: Çörek otu, Keten tohumu, Oksidasyon, Tokoferol, Yağ asidi.



ABSTRACT

THE EFFECT OF COLD PRESS AND SOLVENT EXTRACTION METHODS ON SOME PROPERTIES OF NIGELLA AND LINSEED OILS

SADIKSOY TUNÇAY, Kübra
M.Sc. Thesis, Food Engineering Department
Supervisor: Prof. Dr. İsa CAVİDOĞLU
August 2020, 51 pages

In this study the effects of cold press, solvent extraction, soxhlet methods and accelerated oxidation conditions on some properties of nigella seed and linseed oils have been investigated. Linoleic (55.85-56.43 %) and linolenic (50.77-52.60 %) were the dominant fatty acids in nigella seed and linseed oils, respectively. The α - ve γ -tocopherol contents of linseed oil were found higher than those of nigella seed and the tocopherol contents of samples significantly reduced during accelerated oxidation. The total phenolic contents of nigella seed and linseed produced by cold press, solvent extraction and soxhlet methods were 3556.25, 1372.91, 1277.08 and 2004.16, 1079.16, 785.41 mg gallic acid equivalent/g non-oil fraction, respectively. The antioxidant activity and total phenolics of samples were compatible. The tocopherol, total phenolics and antioxidant activity values of cold press samples were found to be higher. Under accelerated oxidation the free acidity and peroxide values of nigella seed oil were higher than those of linseed oil, however, the secondary oxidation products of linseed oil samples were higher. Overall results show that the nigella seed and linseed are valuable sources of essential fatty acids, tocopherols and phenolics. By considering the oxidation parameters, according to its high primary oxidation values and dark brownish colour nigella seed oil should be partially refined. Linseed oil should be consumed fresh before the secondary oxidation products formed. Because of their high total phenolics contents, nigella seed and linseed should be evaluated with their non-oil solid fraction.

Keywords: Nigella, Linseed, Oxidation, Tocopherol, Fatty acid.



ÖN SÖZ

Tez çalışmamda yardımlarını, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. İsa CAVİDOĞLU'na, çalışmalarımda yardımları olan hocalarım Doç. Dr. Raciye MERAL, Doç. Dr. Emre BAKKALBAŞI, Dr. Öğr. Üyesi Yağmur ERİM KÖSE ve Araş. Gör. Tahir YÜCEL'e, yüksek lisans eğitimim boyunca hep yanımda olan sevgili arkadaşım Şebnem BADEM'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Hayatımın her evresinde maddi manevi her koşulda yanımda olan desteklerini esirgemeyen bu günlere gelmemde en büyük katkısı olan kıymetli babam Yüksel SADIKSOY'a ve canım annem Reyhan SADIKSOY'a, her koşulda yanımda olup tez çalışmamda beni yalnız bırakmayan desteğini esirgemeyen eşim Veysel TUNÇAY'a çok teşekkür ederim.

2020

Kübra SADIKSOY TUNÇAY



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
2.1. Çörek Otu.....	5
2.2. Keten Tohumu	7
2.3. Yağ Elde Etme Yöntemleri.....	8
2.4. Lipit Oksidasyonu.....	10
2.5. Oksidatif Stabilitate	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal	15
3.2. Yöntem.....	15
3.2.1. Yağlı tohumdan yağ elde etme yöntemleri	15
3.2.1.1. Soğuk pres yöntemi ile yağ elde edilmesi.....	15
3.2.1.2. Sokselet yöntemi ile yağ elde edilmesi	16
3.2.1.3. Çözücü ekstraksiyonu yöntemi ile yağ elde edilmesi	16
3.2.2. Uygulanan analizler	17
3.2.2.1. Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi.....	17
3.2.2.2. Tokoferol tayini.....	17
3.2.2.3. Toplam fenolik madde tayini	18
3.2.2.4. DPPH radikali süpürme ile antioksidan aktivitenin belirlenmesi	19
3.2.2.5. Serbest asitlik tayini	20
3.2.2.6. Peroksit sayısı tayini	20
3.2.1.7. Konjuge -dien ve -trien tayini	21
3.2.2.8. TBARS analizi	21

	Sayfa
3.2.2.9. Schaal Fırın testi.....	22
3.2.2.10. İstatistiksel değerlendirme	22
4. BULGULAR	23
4.1. Çörek Otu ve Keten tohumu Yağlarının Yağ Asidi Bileşimleri.....	23
4.2. Çörek Otu ve Keten Tohumu Yağlarının Tokoferol İçerikleri	24
4.3. Çörek Otu ve Keten Tohumu Toplam Fenolik Madde İçerikleri	26
4.4. Çörek Otu ve Keten Tohumlarının Antioksidan Aktivite Değerleri.....	26
4.5. Çörek Otu ve Keten Tohumu Yağlarının % Serbest Asitliği.....	27
4.6. Çörek Otu ve Keten Tohumu Yağlarının Peroksit Değerleri	28
4.7. Çörek Otu ve Keten Tohumu Yağlarının Konjuge -Dien (K ₂₃₂) ve -Trien (K ₂₇₀) Değerleri.....	31
4.8. Çörek Otu ve Keten Tohumu Yağlarının TBARS Değerleri.....	34
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	39
KAYNAKLAR.....	45
ÖZ GEÇMİŞ.....	51

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Gaz kromatografisinin çalışma koşulları	17
Çizelge 3.2. HPLC'nin çalışma koşulları.....	18
Çizelge 4.1. Çörek otu yağlarının yağ asidi bileşimleri	24
Çizelge 4.2. Keten tohumu yağlarının yağ asidi bileşimleri	24
Çizelge 4.3. Çörek otu ve keten tohumu yağlarının tokoferol içerikleri.....	25
Çizelge 4.4. Çörek otu ve keten tohumlarının toplam fenolik madde içerikleri (mg GAE/g yağsız kısım)	26
Çizelge 4.5. Çörek otu ve keten tohumlarının DPPH değerleri (% inhibisyon)	27
Çizelge 4.6. Çörek otu tohumu yağlarının serbest asitlik değerleri (%)	28
Çizelge 4.7. Keten tohumu yağlarının serbest asitlik değerleri (%)	28
Çizelge 4.8. Çörek otu tohumu yağlarının peroksit değerleri (meq O ₂ /kg yağ)	29
Çizelge 4.9. Keten tohumu yağlarının peroksit değerleri (meq O ₂ /kg yağ).....	29
Çizelge 4.10. Çörek otu tohumu yağlarının konjuge -dien (K ₂₃₂) değerleri.....	31
Çizelge 4.11. Çörek otu tohumu yağlarının konjuge -trien (K ₂₇₀) değerleri	32
Çizelge 4.12. Keten tohumu yağlarının konjuge -dien (K ₂₃₂) değerleri	32
Çizelge 4.13. Keten tohumu yağlarının konjuge -trien (K ₂₇₀) değerleri.....	32
Çizelge 4.14. Çörek otu tohumu yağlarının TBARS değerleri (mg MAD/kg yağ)	35
Çizelge 4.15. Keten tohumu yağlarının TBARS değerleri (mg MAD/kg yağ)	36

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Yağlı tohum örneklerinden yağın alınması için uygulanan soğuk ekstraksiyon yöntemi.....	16
Şekil 3.2. Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite tayini için örneklerin metanol kullanılarak ekstraktlarının hazırlanması.	19
Şekil 4.1. Çörek otu tohumu yağlarının peroksit sayıları.	30
Şekil 4.2. Keten tohumu yağlarının peroksit sayıları.	30
Şekil 4.3. Çörek otu tohumu yağlarının konjuge -dien (K_{232}) değerleri.....	33
Şekil 4.4. Çörek otu tohumu yağlarının konjuge -trien (K_{270}) değerleri.	33
Şekil 4.5. Keten tohumu yağlarının konjuge -dien (K_{232}) değerleri.	34
Şekil 4.6. Keten tohumu yağlarının konjuge -trien (K_{270}) değerleri.....	34
Şekil 4.7. Çörek otu tohumu yağlarının TBARS değerleri.	36
Şekil 4.8. Keten tohumu yağlarının TBARS değerleri.....	37



SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklama

°C	Santigrat derece
dk	Dakika
g	Gram
HCl	Hidroklorik Asit
kg	Kilogram
meq	Miliekivalan
mg	Miligram
mg/kg	Miligram/kilogram
ml	Mililitre
ppm	Milyonda bir
α	Alfa
γ	Gama

Kısaltmalar

Açıklama

AOAC	Association of Official Analytical Chemists (Resmi Analitik Kimyacılar Birliği)
ÇE	Çözücü Ekstraksiyonu
DPPH	2,2-difenilpikrilhidrazil
GAE	Gallik asit eşdeğeri
GC	Gaz kromatografisi
HPLC	Yüksek Basıncılı sıvı kromatografisi
K ₂₃₂	Konjuge -Dien
K ₂₇₀	Konjuge -Trien

Kısaltmalar

Açıklama

MAD

Malondialdehit

PS

Peroksit Sayısı

SOK

Sokselet

SP

Soğuk Pres

TFM

Toplam Fenolik Madde



1. GİRİŞ

Bitkilerin yağlı tohumları ve meyveleri beslenmemizdeki rollerinin yanı sıra ilaç ve kozmetik sanayinin yan ürünleri olarak, tarih öncesi çağlardan bu yana araştırılmakta ve kullanılmaktadır (Sözer, 2013). Bitkisel yağlar içermiş oldukları yağ asitleri, tokoferoller, karotenoidler, antioksidan maddeler, fenolik ve yağda çözünen biyoaktif bileşiklerden dolayı insan beslenmesinde önemli yere sahiptirler (Ekici, 2018). Dünyada toplam yağlı tohum üretimi yaklaşık 521 milyon tondur. 313 tonluk üretim ile soya fasulyesi ilk sırada yer alırken, kanola, yerfıstığı, ayçiçeği, pamuk ve palm çekirdeği sırasıyla, 108, 50.56, 40.51, 35.9 ve 15.9 milyon tonla soya fasulyesini izlemektedir. En büyük 5 yağlı tohum üreticisi ülkeler ABD, Brezilya, Arjantin, Çin ve Hindistan'dır. Türkiye'de yağlı tohum (ayçiçeği, pamuk, soya fasulyesi, kolza tohumu ve aspir tohumu) üretimi yıllık 2.3 ile 2.7 milyon ton arasında değişmektedir. 2019 yılına göre yağlı tohum üretimi dağılımımız; ayçiçeği'nde % 46, çığır'de % 41, soya'da % 6, kolza'da % 5 ve aspir'de % 2'dir (Aşık, 2017).

Son yıllarda yaygın olarak kullanılmakta olan ayçiçeği, mısırozü, soya vb. yağ hammaddelerin dışında çörek otu, keten, susam ve aspir gibi bazı yağlı tohumlar da özel yağ asidi bileşimlerinin yanında fitosteroller ve antioksidanlar gibi diğer yararlı bileşenleri içermeleri nedeniyle tüketicilerin ilgisini çekmekle birlikte beslenme diyetlerinde önemli bir yere sahip olmuşlardır (Sözer, 2013).

Günümüzde birçok alanda olduğu gibi yaşanan gelişmeler gıda sektörüne de yansımaktadır. Beslenme konusunda besinlerin lezzeti kadar, sağlıklı olması da insanlar için büyük önem taşımaktadır. Gıda maddelerin ana bileşenleri arasında yer alan yağların sağlıklı olması ve bilinçli bir şekilde kullanılması tüketiciler tarafından talep görmektedir (Kırca, 2019). Tüketicilerin sağlıklı ve güvenli gıda istekleri doğrultusunda bitkisel yağların elde edilme yöntemleri de günden güne önem kazanarak gelişmektedir.

Yağlı tohumların içerdiği yağı elde etmek için uygulanan tüm işlemlerde amaç yağın kalitesinde kayba neden olmadan, yağ verimini ve kalitesini yükseltmektir. Yağlı tohumlardan yağ elde etmek için temel olarak presleme ve sıvı veya katı ekstraksiyon yöntemleri kullanılmaktadır. Presleme yöntemi, katı ve sıvı fazlardan oluşan materyaldeki yağın basınç altında sızdırılması yöntemine dayanır. Soğuk pres olarak

bilinen yöntemde yağlar ısı uygulanmaksızın sadece mekanik işlemlerle doğal içeriği olumsuz yönden etkilenmeden üretilirler (İmer, 2016). Ekstraksiyon yönteminde ise taşıyıcı olarak tanımlanan katı veya sıvı bir materyalden sızdırılmak istenen yağın, uygun seçicilikteki bir çözücü yardımı ile diğer maddelerden ayrılması sağlanır (Karabaş, 2013).

Yağların üretim proseslerinin yanı sıra uygun olmayan depolama koşullarında muhafaza edilmeleri sonucu, gıda endüstrisi için büyük ekonomik kayıplara neden olan lipit oksidasyonu meydana gelmektedir (Ekici ve ark., 2018). Lipit oksidasyonu, insan sağlığına olumsuz etkileri olan ve serbest radikal oluşumunu teşvik eden reaksiyonları kapsamaktadır. Yağlarda herhangi bir yağ asidindeki çift bağın sayısı ve tipi, lipit oksidasyonu üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bazı yağ asitlerinin iki, üç veya daha fazla sayıda çift bağ içermeleri oksidasyona duyarlılıklarını arttırmaktadır. Bu nedenle oksidasyonun önlenmesi son derece önemlidir (Karakuş, 2008). Bunun yanı sıra yağın işlenmesi, ısı veya ışık enerjisi, oksijen derişimi ve türü, serbest yağ asitler, monoaçilgliserol ve diaçilgliseroller, ağır metaller, peroksitler, termal olarak okside olmuş bileşikler, pigmentler ve antioksidanlar lipit oksidasyonuna etki eden diğer faktörlerdir (Şeran, 2011). Oksidasyon, yağların depolanmaları sırasında kalite bozulmasının ana nedeni olup gıda maddelerinin raf ömrünü doğrudan etkilemektedir. Gıda ürünlerinin raf ömrü ve yüksek depolama kararlılığı büyük ölçüde içerdikleri yağların oksidatif stabilitesine bağlıdır (Szterk ve ark., 2010; Beata ve ark., 2015).

Oksidatif stabilite, yağın oksidasyona karşı direncidir. Bu direnç, duyuşal bir değişim veya oksidatif prosesin aniden hızlanmasıyla belirlense de genel anlamda oksidasyonda kritik bir noktaya gelinceye kadar geçen zaman periyodu olarak ifade edilmektedir. Oksidasyona karşı direnç, yağ kalitesi ve raf ömrü için önemli bir göstergedir çünkü oksidasyon sonucu yağda düşük molekül ağırlıklı istenmeyen tat bileşikleri oluşur. Bu istenmeyen tat bileşikleri ise, yağın tüketici tarafından daha az tercih edilmesine veya hiç tercih edilmemesine neden olur. Yağların oksidasyonu lezzet, besinsel değer ve toksisite açısından oldukça önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir (Şeran, 2011).

Bu çalışmada ülkemizde tüketilme eğilimi yüksek düzeyde artış gösteren çörek otu ve keten tohumunun soğuk pres, oda sıcaklığında çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen yağların ilk aşamada yağ asidi, tokoferol ve fenolik bileşenler

içerikleri ve serbest asitlik, peroksit, konjuge -dien (K_{232}) ve -trien (K_{270}) gibi bazı kalite parametreleri araştırılarak, farklı yöntemlerin çörek otu ve keten tohumu yağlarının kalitesi üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen yağların oksidatif stabilitelerini belirlemek üzere Schaal Fırın yöntemi uygulanmıştır. Hızlandırılmış oksidasyon ortamında (60 °C, 28 gün) farklı yöntemlerle elde edilen yağların % asitlik, peroksit sayısı, K_{232} ve K_{270} ve tiyobarbitürik asit ile reaksiyona giren bileşenler (TBARS) içerikleri belli zaman aralıklarında (0., 7., 14., 21. ve 28. günlerde) ölçülmüştür. Aynı zamanda depolamanın başlangıcında ve sonunda farklı yöntemler ile elde edilen yağların yağ asidi, tokoferol ve toplam fenolik bileşenler içerikleri de saptanarak 60 °C depolamanın bu parametreler üzerindeki etkisi saptanmıştır. Böylece soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemlerinin çörek otu ve keten tohumu yağlarının bileşimi ve oksidatif stabiliteleri üzerine etkisi araştırılmıştır.



2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

2.1. Çörek Otu

Çörek otu (*Nigella sativa*) bitkisi ve yağı asırlar boyunca insanlar tarafından yemeklerin lezzetini arttırmak ve tıbbi amaçlar için tüketilirken, son yıllarda zengin bileşimi nedeniyle bilinçli olarak sağlıklı beslenmeye yönelik eğilimi olan insanlar tarafından doğrudan tohumu veya yağı şeklinde tüketilmeye başlanmıştır (Üstün, 2015; Ekici ve ark., 2018). Ülkemizde çörek otunun 12 farklı türü yetiştirilmektedir. Bunlardan *Nigella sativa*, *Nigella damascena* ve *Nigella arvensis* tohumları daha fazla tercih edilirken, tarımı ve ticareti yapılan tek tür ise *Nigella sativa* L.'dir. Çörek otu genellikle Afyon, Isparta, Burdur ve Konya yörelerinde üretilmektedir (Üstün, 2015).

Çörek otu tohumları, *Ranunculeaceae* (dügün çiçeği) familyasının bir üyesi olan *Nigella sativa* L. bitkisinden elde edilen tek yıllık baharat bitkisidir (Ekici ve ark., 2018). İlkbaharın sonlarında ekilen tohumlar, Temmuz-Ağustos döneminde çiçek verir. 15-40 cm uzunlukta, dalları ve sapları olan bir bitkidir. Olgunlaşmış tohum kapsülleri açılmadan hasat edilmeli ve tohumlar kurutulmuş kapsüllerden çıkarılmalıdır. Çörek otu tohumları siyah renkli, oval ve üç yüzlü, 2.5-4.0 mm uzunluk, 1.5-2.0 mm genişlik ve 1.0 mm kalınlığa sahiptir. Tatları ilk olarak acıdır, ardından ağızda keskin aromalı bir tat bırakırlar (Bulca, 2014).

Çörek otu tohumları yaklaşık % 25-40 arası yağ içermektedir. Yağ verimini çörek otu çeşidi ve yağın elde edilme yöntemleri etkilemektedir. Nergiz ve Ötleş (1993) yapmış oldukları çalışmada çörek otu tohumlarındaki yağ oranını % 32, Türker (1996) % 24.96-37.17 arasında ve Ramadan ve Mörsel (2002) % 37.9 olarak belirlemişlerdir. Kökdil ve Yılmaz (2005), farklı çörek otu tohumu çeşitlerinde yağ oranını % 17.6-41.3 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Gharby ve ark. (2013) ise, farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde ettikleri çörek otu tokumu yağı veriminin sokselet ile elde edilen yağda % 37 ve soğuk pres yöntemi ile elde edilen örnekte % 27 olarak belirlemişlerdir.

Doymamış yağ asitlerince oldukça zengin olan çörek otu tohumunun başlıca yağ asidini linoleik (% 50-60) oluştururken, oleik (% 18-25), palmitik (% 12-13) ve stearik (% 2.4-4) diğer önemli yağ asitleri arasında yer almaktadır (Bulca, 2014; Şeran, 2011).

Menounos ve ark. (1986), çörek otu yağında iz miktarda miristik asit, % 14.13 palmitik asit, % 3 palmitoleik asit, % 2.7 stearik asit, % 20.7 oleik asit, % 55.8 linoleik asit, % 0.6 linolenik asit ve % 2.9 araşidik asit bulmuşlardır. El-Tahir ve Bakeet (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada çörek otu tohumu yağının yağ asidi bileşiminin linoleik (% 44.7-56.0), oleik (% 20.7-24.6), linolenik (% 0.6-1.8), araşidik (% 0.2-3.0), palmitoleik (% 3.0), eikosadienoik (% 2.0-2.5), palmitik (% 12.0-14.3), stearik (% 2.7-3.0) ve miristik (% 0.16) asitlerden oluştuğunu ve çörek otu yağında ayrıca % 0.5 düzeyinde steroller bulunduğunu saptamışlardır. Nergiz ve Ötles (1993), çörek otu tohumunda % 32 yağ bulunduğunu ve yağ asidi bileşiminin % 1.2 miristik, % 1.4 palmitik, % 2.9 stearik, % 21.9 oleik, % 60.8 linoleik ve % 1.7 eikosadienoik asitten oluştuğunu tespit etmişlerdir. Üstün ve ark. (1990) pres, soğuk pres ve sokselet yöntemleri ile elde ettikleri çörek otu yağının başlangıç serbest yağ asitliği değerlerini sırasıyla, %21.22, 21.64, 9.28 olduğunu, 68 günlük depolamanın sonunda ise serbest yağ asitliği değerinin %33.90, 24.99, 19.82'ye yükseldiğini saptamışlardır. Kiralan ve ark. (2014) soğuk pres, mikrodalga ve sokselet yöntemlerini kullanarak elde ettikleri çörek otu yağlarının serbest asitlik değerlerini sırasıyla; % 7.49, 9.51, 9.28, peroksit değerlerini; 31.32, 21.45, 25.23 meq O₂/kg yağ, K₂₃₂ değerlerini; 3.71, 3.17, 3.11 ve K₂₇₀ değerlerini ise 0.66, 0.58, 0.66 olarak belirlemişlerdir. Gharby ve ark. (2013) soğuk pres ve sokselet yöntemleri ile elde ettikleri çörek otu yağlarının serbest asitlik değerlerini sırasıyla, % 0.9, 2.3; peroksit değerlerini, 3.4, 11.4 meq O₂/kg yağ, K₂₃₂ değerlerini, 1.585, 2.21 ve K₂₇₀ değerlerini ise 2.370, 2.771 olarak belirlemişlerdir.

Matthaus ve Özcan, (2011), farklı çörek otu tohumlarının bileşimlerini incelendikleri çalışmalarında tohumların toplam yağ içeriğinin % 28.0-36.4, α - tokoferol içeriğinin 1.70-4.12 mg/100g, β - tokoferol içeriğinin 0.42-6.96 mg/100g, γ - tokoferol içeriğinin 0.97-4.53 mg/100 g ve δ - tokoferol içeriğinin 0.28-2.15 mg/100g olduğunu bildirmişlerdir. Sultan ve ark. (2009) çörek otu yağının tokoferol içeriklerini; α - tokoferol 82.56, β - tokoferol 18.56, γ - tokoferol 142.97 ve δ - tokoferol 17.62 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Kiralan ve ark. (2014) soğuk pres, mikrodalga ve çözücü ekstraksiyonu yöntemlerini kullanarak elde ettikleri çörek otu yağlarının tokoferol miktarlarını sırasıyla, α - tokoferol 7.30, 4.80, 5.33 mg/kg, β - tokoferol 15.47, 8.00, 7.80 mg/kg, γ - tokoferol 34.23, 9.57, 8.57 mg/kg ve δ - tokoferol 8.37, 1.80, 1.63 mg/kg ve

toplam fenolik madde miktarlarını ise sırasıyla; 36.05, 15.19 ve 21.44 mg gallik asit/kg yağ olarak belirlemişlerdir.

Tunus ve İran kökenli çörek otu tohumu çeşitlerinin fizikokimyasal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, elde edilen çörek otu yağlarının toplam fenolik madde içeriklerinin sırasıyla, 245 ve 309 mg gallik asit/ kg yağ olduğu tespit edilmiştir (Cheikh-Rouhou ve ark., 2007).

2.2. Keten Tohumu

Keten tohumunun MÖ 8000’li yıllarda Mezopotamya’da yabani olarak yetiştiği, MÖ 7000’li yıllarda kültüre alınarak yetiştirilmeye başlandığı bilinmektedir. Türkiye’de Karadeniz, Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgelerinde kültürü yapılan keten (*Linum usitatissimum* L.) *Linaceae* familyasının *Linum* cinsine aittir (Yılmaz, 2012). Keten, 30-100 cm boyunda, mavi çiçekli ve tek yıllık bir kültür bitkisidir. Tohumları, 4.0-6.0 mm uzunlukta, yumurta biçiminde, yassı, parlak, kırmızımtırak esmer renkli, kokusuz, yağlı ve lezzetlidir (Tontul, 2011).

Lukaszewicz ve ark. (2004), keten tohumunun yağ veriminin yaklaşık % 40 olduğunu, Wakjira (2004) ise, farklı keten tohumu çeşitlerinin yağ veriminin % 29.1-35.9 arasında değiştiğini bildirmiştir. Keten tohumu ortalama % 40 yağ, % 30 lif, % 20 protein, % 4 kül ve % 6 dolayında nem içermektedir. α -Linolenik (% 55) keten tohumu yağının başlıca yağ asidi olup, α -linolenik asidi sırasıyla; oleik (% 17), linoleik (% 15), palmitik (% 5) ve stearik (% 3) asit izlemektedir (Tontul, 2011; İşleroğlu ve ark., 2005). Van Ruth ve ark. (2001), keten tohumu yağında % 5.3 palmitik asit, % 3.3 stearik asit, % 17.6 oleik asit, % 15.6 linoleik asit, % 57.6 linolenik asit bulunduğunu belirlemişlerdir.

Bozan ve Temelli (2008) yapmış oldukları bir çalışmada keten, haşhaş ve aspir yağlarının yağ asidi bileşimi ve tokoferol içeriklerini karşılaştırmışlardır. Bu araştırmacılar tohumların linolenik asit içeriklerinin sırasıyla, % 13.96, 74.47 ve 70.46 olduğunu özellikle keten tohumu yağının oldukça yüksek düzeyde linolenik asit içerdiğini (% 58.3) ortaya koymuş ve keten, haşhaş ve aspir yağlarının α - ve γ -tokoferol içeriklerinin sırasıyla, 0.59, 5.53, 44.09 mg/100g ve 75.67, 21.74 ve 0.0 mg/100g olduğunu bildirmişler.

Yılmaz (2019), soğuk pres yöntemi ile elde ettiği keten tohumu yağında başlıca 5 yağ asidi saptamıştır. Bu yağda en yüksek oranda bulunan yağ asidinin linolenik asit (% 55.90) olduğunu ve bunu sırasıyla; oleik asit (% 18.29), linoleik asit (% 16.02), palmitik asit (% 5.49) ve stearik asidin (% 4.31) takip ettiğini bildirmiştir. Çalışmada ayrıca keten tohumu yağında γ -tokoferolün (399.1 mg/kg) bulunduğunu, α - (5.0 mg/kg) ve δ -tokoferollerin (3.4 mg/kg) düşük düzeyde saptandığını, β -tokoferolün ise tespit edilmeyecek kadar düşük miktarda olduğu bildirilmiştir.

Choo ve ark. (2007), soğuk pres yöntemi ile elde edilen 7 farklı keten tohumu yağının fizikokimyasal ve kalite özelliklerinin araştırdıkları bir çalışmada yağ asidi bileşimi analizinde en yüksek oranda linolenik asidin (% 51.80-60.42) bulunduğunu bunu sırasıyla, oleik asit veya linoleik asidin takip ettiğini, serbest yağ asitliğinin % 0.25-0.98, toplam fenolik madde miktarlarının ise 76.8-307.3 mg GAE/100 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Teh ve Birch (2013), soğuk pres yöntemi ile elde edilen keten tohumu yağının peroksit değerinin 2.04 meq O₂/ kg, K₂₃₂ değerinin 2.08, K₂₇₀ değerinin ise 0.02 olduğunu tespit etmişlerdir.

Yılmaz (2019), soğuk pres yöntemi ile elde ettiği keten tohumu yağının hızlandırılmış oksidasyon ortamında (50 °C’de 20 gün) peroksit değerini 0.027-34.194 meq O₂/kg yağ, serbest yağ asitliğini % 0.772-0.917, TBA değerini ise 0.087-13.293 mg 1,1,3,3- tetraethoxypropane/kg yağ arasında değiştiğini belirlemiştir.

Ekici ve ark. (2018), ticari değere sahip bazı tohum yağlarının depolama koşullarını ve stabilitelelerini belirlemek için yaptıkları bir çalışmada soğuk pres yöntemi ile üretilen keten tohumu yağının peroksit değerini 0.25 meq O₂/kg yağ, K₂₃₂ değerini 1.71, K₂₇₀ değerini 0.43, toplam fenolik madde miktarını 19.89 mg GAE/100g ve antioksidan aktivite değerini (DPPH) 1715.08 μ g/mL olarak bildirmişlerdir.

2.3. Yağ Elde Etme Yöntemleri

Yağlı tohumların bileşiminde bulunan yağın elde edilmesinde temel olarak presleme ve ekstraksiyon yöntemleri uygulanmaktadır. Presleme yöntemi katı ve sıvı fazlardan oluşan materyaldeki yağın basınç altında sızdırılması temeline dayanır (İmer, 2016). Ekstraksiyon yönteminde ise, katı ve sıvı gıdalarda bulunan yağ ve benzeri

bileşenlerin kimyasal çözücüler yardımıyla ayrılması sağlanmaktadır (Ekici ve ark., 2018). Yağ veriminin en yüksek olduğu yöntem çözücü ekstraksiyonu yöntemidir (Nielsen, 2010). Çözücü ekstraksiyonu yöntemi, ekstraksiyon aşamasında genellikle kloroform, dietil eter, petrol eteri, etanol ve hegzan gibi çözücüler düşük sıcaklık derecelerinde kaynatılmasıyla oluşan çözücü buharının yoğunlaştırılarak örnek üzerine damlatılması ve bir süre bekletildikten sonra örneğin içindeki yağın ayrılması prensibine dayanmaktadır (Yetim ve Kesmen, 2009). Çözücü ekstraksiyonu yönteminde daha yüksek verim alınmasının yanı sıra son üründe çözücü kalma olasılığı diğer yöntemlere göre daha yüksektir. Bu yöntem sonrasında çözücü artıklarının yağdan uzaklaştırması için rafinasyon işlemi uygulanmaktadır (Fiori, 2007). Rafinasyon işlemiyle birlikte yağlarda aroma maddelerinde kayıplar meydana gelmekte ve renkleri daha solgun olmaktadır. Bunun yanı sıra, rafinasyon işlemi uygulanan yağlarda karotenoidler ve fenolik maddelerin büyük çoğunluğu yıkıma uğrar, E vitamini ve fitosterollerin miktarı % 10-40 oranında düşer ve rafinasyon sırasında % 1'in üzerinde trans yağ asitleri oluşmaktadır (Kırca, 2019). Rafinasyon sırasında yağların önemli bileşenlerinde meydana gelen kayıplar, tüketicilerin soğuk presleme ile üretilen ve rafine edilmeden tüketilen yağlara ilgisini arttırmıştır (Şeran, 2011).

Soğuk pres yönteminde tohumlara vidalı veya hidrolik presler kullanılarak basınç uygulanması sonucu yağ elde edilir. Soğuk pres yöntemini diğer ekstraksiyon yöntemlerinden ayıran en büyük fark ısı işlem ve kimyasal işlem uygulanmamasıdır. Soğuk pres yönteminde verim düşük olmasına rağmen, elde edilen yağlar biyoaktif bileşenler açısından son derece zengindirler (Gecgel ve ark., 2016; Sevindik ve Selli, 2016; Ekici ve ark., 2018). Soğuk presleme sonucu elde edilen yağlarda kendine özgü tat, yoğun renk ve aroma olması, tüketicilerin de ilgisini çekmektedir (Matthaus ve Brühl, 2003).

Tohum yağları ürünün stabilitesini, duyu ve besinsel özelliklerini etkileyen ve yağların oksidasyonundan sorumlu olan radikallerin oluşumunu engelleyerek bozulmayı önleyen fenolik bileşikler bakımından zengindir. Soğuk pres ile elde edilen yağlar çok fazla polar fenolik bileşikler içerdiklerinden dolayı oksidatif bozulmaya karşı koruyucu bir potansiyele sahiptirler (Siger ve ark., 2008). Demir ve Çetin (1999) çalışmalarında, çözücü ekstraksiyonu ve pres yöntemleri ile elde edilen bazı yağların özelliklerini

karşılaştırdığı bir çalışmada pres yöntemi ile edilen yağlarda tokoferol miktarının daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Gallina ve ark. (1997) çalışmalarında, soğuk pres yöntemi ile elde edilen tohum yağlarında duyuusal ve beslenme değerlerinin kimyasal ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağlara göre daha üstün olduğunu belirtmişlerdir.

Yağ eldesi için sokselet ekstraksiyonu, modifiye Bligh-Dyer yöntemi ve hegzan ekstraksiyonunun karşılaştırıldığı bir çalışmada yağın fizikokimyasal özelliklerini; ekstraksiyon süresi, sıcaklık ve kullanılan çözücü çeşidinin etkilediği saptanmıştır. Bu üç farklı yöntem içinde sokselet ekstraksiyonunun diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek verime sahip olduğu, elde edilen yağda doymamış yağ ve omega-6/omega-3 oranının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Khoddami ve ark., 2011). Başka bir çalışmada ise hegzan ile çözücü ekstraksiyonu uygulaması sonucu elde edilen yağda yüksek verim ve tokoferol içeriği tespit edilmiş fakat yağda çözücü kalıntısı bulunma riski nedeni ile bu yöntemin kullanımı önerilmemiştir (Van Hoed ve ark., 2011).

2.4. Lipit Oksidasyonu

Lipit oksidasyonu, bitkisel ve hayvansal yağlarda oluşan, insan sağlığı açısından olumsuz etkileri olan ve serbest radikal oluşumunu teşvik eden reaksiyonlar zinciridir. Bu reaksiyonlar yağların elde edilmesi, depolanması veya bir gıdaya işlenmesi sırasında başlar ve çoğu zaman kısa zincirli uçucu bileşenlerin oluşumu ile sonlanmaktadır. Yağlarda herhangi bir yağ asidindeki çift bağın sayısı ve tipi, lipit oksidasyonu üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bazı yağ asitleri iki, üç veya daha fazla sayıda çift bağ içerirler ve oksidasyona aşırı derecede duyarlıdırlar. Yağın kalitesini korumak için oksidasyonun önlenmesi son derece önemlidir.

Lipit oksidasyonunda, doymamış yağ asitlerinin oranı ve doymamışlık düzeyleri ile oksijen miktarı tepkimelerin başlamasında temel faktördür. Bunların yanında yine ortamda ışık, ışığın dalga boyu, çok değerlikli metallerin bulunması, su aktivitesi ve ortamın sıcaklık derecesi tepkimelerin başlaması ve hızlanmasını etkileyen diğer faktörlerdir (Kayahan, 2003, Bayrak, 2006).

Başlıca oksidasyon reaksiyonları; enzimatik oksidasyon, otooksidasyon (serbest kök reaksiyonu) ve fotooksidasyon (uyarılmış oksijenin neden olduğu oksidasyon)

olmak üzere 3 ana grupta sınıflandırılmaktadır. Her üç oksidasyon süreci da esas olarak hidroperoksitlerin oluşumu ve hidroperoksit parçalanma reaksiyonları olmak üzere 2 aşamada gerçekleşir. Yağın duysal özelliklerinde meydana gelen değişikliklere hidroperoksitlerin parçalanma ürünleri neden olmaktadır (Naz ve ark., 2004). Birincil oksidasyon ürünlerinden olan hidroperoksitler renksiz, tatsız ve kokusuz bileşikler olup, stabil değildirler. Ancak hidroperoksitlerin parçalanması sonucu oluşan ikincil oksidasyon ürünleri genelde toksik olup, yağda arzu edilmeyen tat ve kokuya neden olurlar (Kıralan ve Kıralan, 2017).

Yağlardaki en önemli oksidasyon reaksiyonlarından olan otooksidasyon, yağlarda bulunan doymamış yağ asidi zincirindeki karbon atomlarının birinden, bir hidrojenin koparak aktif bir kök oluşmasıyla başlar ve dışarıdan ek bir enerjiye gereksinim duyulmadan devam eden zincirleme reaksiyonlardır. Bu nedenle bu tip oksidasyon reaksiyonları “serbest kök reaksiyonları” olarak da adlandırılır (Çolakoğlu, 1969). Yağlarda oluşan otooksidasyon reaksiyonları için gerekli olan başlangıç enerjileri ultraviyole ışınları, metal iyonları redoks çiftleri ya da hidroperoksit parçalanma reaksiyonları gibi bir enerji kaynağı tarafından oluşturulur (Konuskan, 2008). Reaksiyon başladıktan sonra ortamdaki doymamış yağ asitleri bitene veya serbest kökler birbirini etkisizleştirene kadar devam eder. Oksidasyon sırasında kısaca; yağ asidinden bir hidrojen atomunun ayrılması ile aktif radikal oluşur. Reaksiyon daha sonra oluşan bu aktif radikallerin ortamda bulunan oksijen ile bağlanması sonucu aktif peroksi radikallerinin oluşması ile gelişir. Oluşan aktif peroksi radikallerinin nötr yapıya geçebilmeleri için ortamda bulunan hidrojenlerden veya yağ asidi üzerindeki labil yapıdaki hidrojenlerden birini kendine çekerek bağlar ve böylece ilk oksidasyon ürünleri olan hidroperoksitler oluşur. Oluşan bu hidroperoksitler kararlı yapıda olmayıp, dolayısıyla ikincil oksidasyon ürünlerine ve karbonilli bileşiklere parçalanırlar. Bunlar aldehit, keton, asit, hidrokarbon ve epoksi asitlerdir. Bunlardan doymamış aldehit ve ketonlar en düşük duyum eşiğine sahiptirler ve bu nedenle oksidasyonla oluşan aromalardan sorumludurlar (Bayrak, 2006).

2.5. Oksidatif Stabilite

Oksidatif stabilite, depolama ve işleme sırasında yağların oksidasyona karşı gösterdiği dirençtir. Oksidasyon reaksiyonlarındaki ani hızlanma (indüksiyon süresi) veya tat ve aromada meydana gelen hızlı değişimlere kadar geçen sürenin uzunluğu oksidatif stabilite hakkında bilgi vermektedir (Yılmaz, 2019). Bitkisel ve hayvansal yağların gıda içerisinde tüketilmesi veya doğrudan depolanmasında raf ömrünü belirlemek ve gerekli önlemlerle uzatabilmek için oksidatif stabilite oldukça önemli bir parametredir. Oksidatif stabilitenin değerlendirilmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu amaç için Schaal Fırın, aktif oksijen, Ransimat ve oksijen absorpsiyonu uygulanan başlıca yöntemlerdir (Taoukis ve Labuza, 1996).

Araştırmacılar tarafından sıkça uygulanan Schaal Fırın yönteminde yağ örnekleri genelde 60 °C’de bir süre bekletilerek, belli zaman aralıklarında örneklerin peroksit, konjuge -dien, -trien ve TBARS değerlerindeki değişimler izlenir. Bu parametrelerin değerlendirilmesi ile örneklerin oksidatif stabiliteleri saptanır. Lipit oksidasyonunun ilk aşamasında, çoklu doymamış yağ asitlerinden hidrojenin ayrılması ile konjuge çift bağlar oluşur. Bu nedenle birincil oksidasyon ürünleri, oluşan konjuge -dien ve -trien yapıdaki yağ asitlerinin UV’deki ölçümü ile belirlenebilmektedir. Oksidasyonun ilk aşamasında oluşan hidroperoksitler peroksit değerinin ölçümüyle saptanmaktadır. Peroksit değerinin belirlenmesinde iyodometrik titrasyon ve spektrofotometrik ferrik (Fe^{+3}) tiyosiyanat gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Taoukis ve Labuza, 1996). İleri oksidasyon sonucu oluşan aldehitlerin ölçümüne dayanan anisidin değeri ve TBARS analizleri ikincil oksidasyon ürünlerinin belirlenmesinde yaygın olarak uygulanan yöntemlerdir. İleri oksidasyon ürünlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan TBARS analizi, lipid oksidasyonunun saptanması için kullanılan en eski yöntemlerden birisidir. TBARS yöntemi, tiyobarbitürik asit (TBA) ve doymamış yağ asitlerinden kaynaklanan oksidasyon ürünlerinin tepkimeye girerek oluşturdukları pembe kompleksin absorbansını 532-535 nm’de ölçülmesine dayanmaktadır. Reaksiyon birkaç ikincil oksidasyon ürünü içerebileceğinden, reaksiyona giren ikincil ürünler genellikle TBA ile reaksiyona giren maddeler veya kısaca TBARS olarak adlandırılır (Jardine ve ark., 2002).

Javidipour ve ark. (2017), bitkisel yağlarda tokoferol ve yağ asidi bileşiminin oksidatif stabiliteye etkisinin olduğunu, Labuza (1971) ise, oksidasyon hızının yağ asitlerinde doymamışlık derecesiyle paralel bir ilişkide olduğunu, linolenik asidin linoleik aside göre 2 kat, oleik aside göre 25 kat hızlı oksitlendiğini belirtmektedir.

Kabin veya Schaal Fırın testi olarak bilinen etüv testi, yaklaşık 1920’li yıllarda bisküvi ve kraker endüstrisi tarafından geliştirilmiştir. Yağ ve yağlı yiyeceklerin kalitesi için basit hızlandırılmış bir testtir. Bu yöntemde 50 g yağ veya yağlı gıda örneği gevşek kapatılmış bir cam kap içinde 63 °C’de tutulan bir etüv içerisine yerleştirilir (Wan 1995). Bu durumu izlemek için en çok başvurulan iki yöntem peroksit sayısı ile konjuge -dien ve -trien değerlerinin belirlenmesidir (Karabaş, 2013).

Crapiste ve ark. (1999), farklı yağ elde etme yöntemlerinin (pres ve çözücü ekstraksiyonu) ham ayçiçeği yağının oksidatif stabilitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağların pres yöntemi ile elde edilen yağlara göre oksidatif stabilitesinin daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Farklı bir çalışmada ise Kiralan ve ark. (2014) soğuk pres ve çözücü ekstraksiyonu (sokselet) yöntemleri ile elde edilen çörek otu yağının fizikokimyasal ve oksidatif stabilitelerini karşılaştırdığı bir çalışmada, hızlandırılmış oksidasyon koşullarında (60° C’de fırın testi ve 110 °C’de Ransimat testi) yağ elde etme yöntemlerinin çörek otu yağının bileşimini ve kalitesini etkilediğini çözücü ekstraksiyonu yöntemi ile elde edilen yağda indüksiyon süresinin soğuk presle elde edilen yağa göre daha uzun olduğunu tespit etmişlerdir.

Gharby ve ark. (2013), soğuk pres ve sokselet yöntemleri ile elde ettikleri çörek otu yağlarının oksidatif stabilitesini belirlemek amacıyla Ransimat cihazında 110 °C uyguladıktan sonra indüksiyon periyotlarının soğuk presle elde edilen yağda 13 saat, sokselet yöntemi ile elde edilen yağda ise 9 saat olduğunu tespit etmişlerdir. Sokselet yöntemi ile elde edilen çörek otu, kişniş ve nijer tohumu yağlarının oksidatif stabilitelerini hızlandırılmış oksidasyon ortamında (60 °C’de, 21 gün) kişniş>çörek otu>nijer şeklinde olduğunu bildirmişlerdir (Ramadan ve Mörsel, 2004).

Bozan ve Temelli (2008), keten, haşhaş ve aspir tohumu yağlarının bazı fizikokimyasal özelliklerini ve oksidatif stabilitelerini karşılaştırdıkları bir çalışmada, hızlandırılmış oksidasyon ortamı olarak Ransimat testini kullanmışlardır. Sonuçta oksidatif stabilitelerinin haşhaş>aspir>keten şeklinde olduğunu bildirmişlerdir. Kiralan ve ark. (2018) soğuk pres yöntemi ile elde edilen keten tohumu, üzüm çekirdeği ve

çörek otu yağlarının oksidatif stabilitelerini 6 günlük fotooksidasyon koşullarında belirlemişlerdir. Sonuç olarak keten tohumu yağındaki peroksit ve konjuge -dien değerlerinin, diğer yağlara göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bazı çalışmalarda ise, bazı tohum yağları belirli oranlarda çeşitli yağlara ilave edilerek oksidatif stabiliteleri araştırılmıştır. Ramadan ve Wahdan (2011), mısırozü yağına % 10 ve % 20 oranlarında çörek otu ve kişniş yağı ilave ederek hızlandırılmış oksidasyon ortamında (60 °C'de 15 gün) çörek otu ve kişniş yağı ilave edilen mısırozü yağlarının oksidatif stabilitesinin daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Kiralan ve ark. (2016) ayçiçeği yağına % 5, 10 ve 20 oranlarında çörek otu yağının eklenmesinin hızlandırılmış oksidasyon ortamında (Schaal Fırın testi 60 °C ve Ransimat testi 110 °C) oksidatif stabiliteyi artırdığını tespit etmişlerdir.

Güler (2009), soğuk pres ve kimyasal rafinasyon yöntemleri ile üretilen kanola yağı örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yağ örneklerinde serbest asitlik, peroksit değeri ve Ransimat (120 °C) analizleri gerçekleştirmiştir. Sonuçlar, soğuk pres ve rafine kanola yağlarının Ransimat değerlerinin birbirine yakın olduğunu, buna karşın soğuk pres yağının % serbest asitlik ve peroksit değerlerinin daha yüksek olduğunu belirtilmiştir.

Uluata (2016), soğuk pres ve çözücü ekstraksiyonu yöntemleri ile elde edilen kayısı çekirdeği yağlarının kimyasal bileşimi, antioksidan aktivitesi, oksidatif stabilitesi ve renk değerlerini karşılaştırmıştır. Her iki yağ içindeki tokoferol izomerlerinin derişimleri $\gamma > \alpha > \delta > \beta$ olarak saptanmıştır. Çözücü ekstraksiyonu ile elde edilen yağın indüksiyon süresinin daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonuçları, ekstraksiyon yönteminin yağ örneklerinin yağ asidi bileşimi, toplam fenolik içeriği ve rengi üzerine etkisinin olmadığını göstermiştir. Ancak, yağların tokoferol içerikleri, antioksidan aktiviteleri ve oksidatif stabiliteleri üzerine ekstraksiyon yönteminin önemli düzeyde etkisi olduğu saptanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada çörek otu ve keten tohumu örnekleri Konya Sağlık Tarım Ürünleri ve Gıda Sanayii fabrikasından temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan bütün kimyasallar analitik saflıkta olup Merck (Whitehouse Station, NJ, USA) ve Sigma (Saint Louis, MO, USA) isimli firmalardan temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

Bu çalışmanın ilk aşamasında soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu örneklerinin yağ asidi, tokoferol ve toplam fenolik bileşenler içerikleri ve antioksidan aktiviteleri saptanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemlerinin yağların oksidatif stabiliteleri üzerine etkisini belirlemek üzere örnekler hızlandırılmış (60 °C, 28 gün) oksidasyon işlemi (Schaal yöntemi) uygulanmıştır. Hızlandırılmış oksidasyon ortamında tutulan yağ örneklerinden belirli sürelerde (0., 7., 14., 21. ve 28. gün) örnek alınarak titrasyon asitliği, peroksit, konjuge -dien, -trien ve TBARS analizleri gerçekleştirilmiş, verilerin değerlendirilmesi ile yağların oksidatif stabiliteleri saptanmıştır. Çalışmada ayrıca örneklerin başlangıç ve depolama sonundaki yağ asidi, tokoferol, toplam fenolikler içerikleri ve antioksidan aktiviteleri karşılaştırılmıştır.

3.2.1. Yağlı tohumdan yağ elde etme yöntemleri

3.2.1.1. Soğuk pres yöntemi ile yağ elde edilmesi

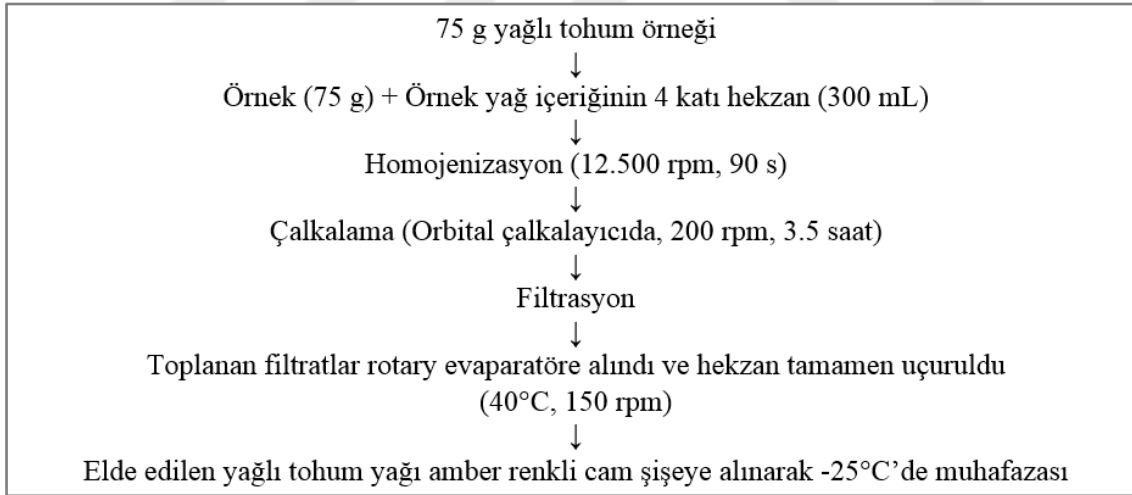
Soğuk pres yönteminde yağ elde etmek için vidalı pres yağ çıkarma makinesi kullanılmıştır (Alp Oil Press 230 V-50 Hz, 600 Watt, Ankara). Çörek otu ve keten tohumu örnekleri öğütüldükten sonra vidalı pres yağ çıkarma makinesiyle yağı sızdırılmıştır. Elde edilen yağlar hemen kullanılmayacaksa derin dondurucuda -24 °C’de azot atmosferinde depolanmıştır.

3.2.1.2. Sokselet yöntemi ile yağ elde edilmesi

Sokselet ile yağ elde edilmesinde AOAC (1997) tarafından önerilen yöntem ve çözücü olarak hegzan kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 10 g çörek otu ve keten tohumu örnekleri öğütüldükten sonra 150 ml n-hegzan ile sokselet ekstraktöründe 6 saat süre ile ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sonunda n-hegzan vakum altında rotary evaporatörde 40 °C’de uzaklaştırılmıştır. Daha sonra geriye kalan yağ etüvde 105 °C’de sabit ağırlığa gelene kadar tutulmuştur.

3.2.1.3. Çözücü ekstraksiyonu yöntemi ile yağ elde edilmesi

Çörek otu ve keten tohumu örneklerinden yağ ekstraksiyonu Bakkalbaşı (2009)’nın kullandığı yöntemin modifiye edilmesiyle, çözücü ekstraksiyonu yöntemi uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemle yağ elde edilmesinde Şekil 3.1’de belirtilen aşamalar izlenmiştir.



Şekil 3.1. Yağlı tohum örneklerinden yağın alınması için uygulanan çözücü ekstraksiyonu yöntemi.

3.2.2. Uygulanan analizler

3.2.2.1. Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi

Yağ asitleri gaz kromatografisi ile tanımlamadan önce metil esterlerine dönüştürülmüştür. 0.4 g örnek 4 ml izooktanda çözündürülerek 0.2 ml 2 M KOH'de metillendirilmiştir. Karışım 30 sn. vorteks ile çalkalanıp, 6 dk. karanlıkta bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda karışıma 1-2 damla metil oranj ve 0.45 ml 0.1 N HCl ilave edildikten sonra karıştırılmıştır. Renksiz ve berrak olan üst tabaka, yağ asidi bileşiminin belirlenmesi için kullanılmıştır (IUPAC, 1991). Yağ asidi metil esterlerin belirlenmesinde aşağıda çalışma koşulları verilen Agilent 6890 model gaz kromatografisi cihazı kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Gaz kromatografisinin çalışma koşulları

Alet	Agilent 6890N model
Dedektör	FID
Kolon	J&F Scientific, 60 m×0.25mm×0.25µm
Gazlar	He:0.2 ml/dk., H ₂ :35ml/dk., Hava: 350 ml/dk.
Sıcaklıklar	İnjektör: 250 °C Kolon: 120 C (5 dk.), 240 °C (20 dk.) Dedektör: 260 °C
Split	10:1

3.2.2.2. Tokoferol tayini

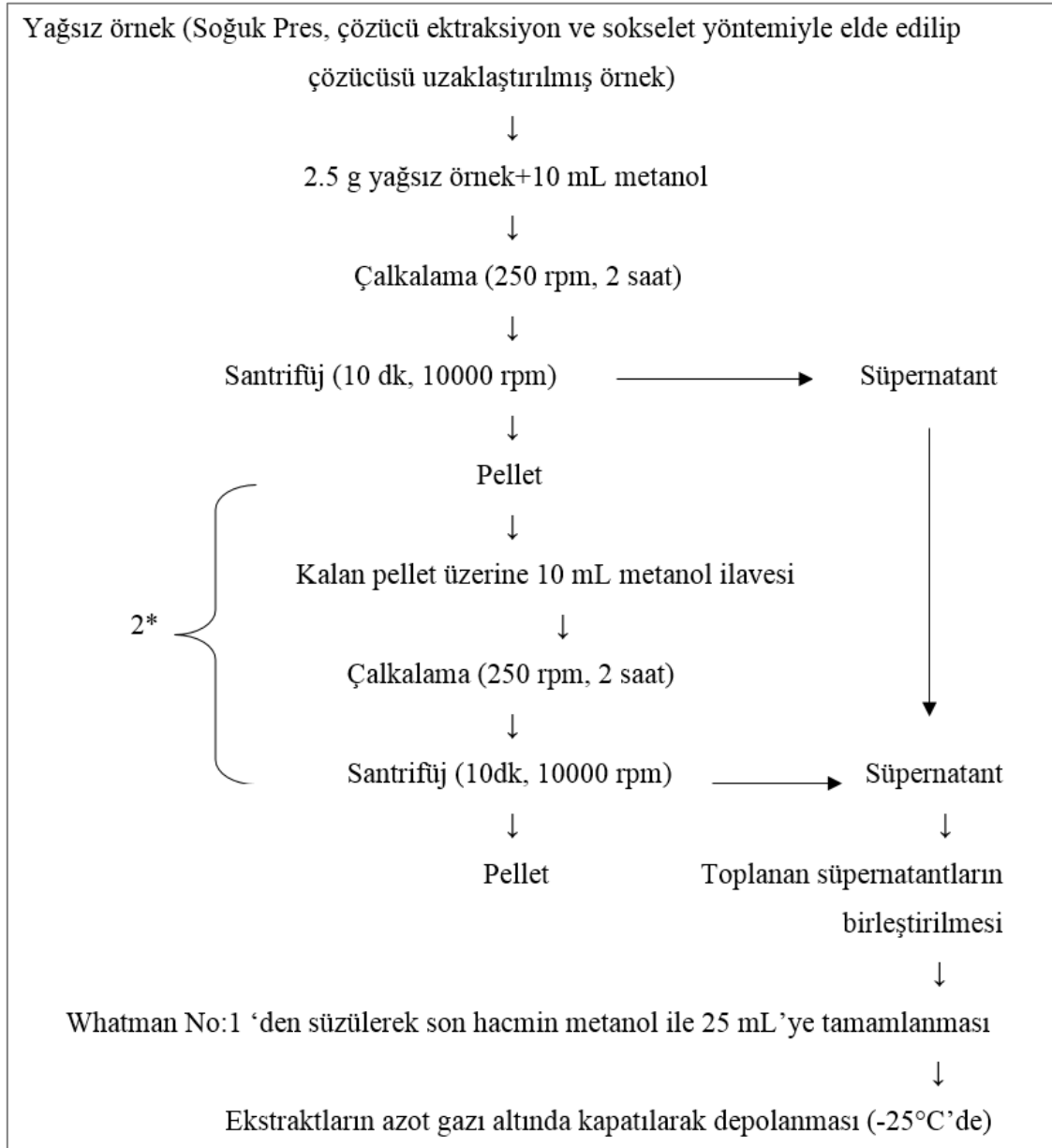
Çizelge 3.2' de verilen soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen tohum yağlarından 1.0 g alınarak cam tüpe konulup, n-hegzan ile 1:10 oranında seyreltilmiştir. Seyreltilen her örnek 0.45 µm gözenek çapına sahip politetrafloroetilen (PTFE) filtreden geçirilerek, yağ örneklerinin tokoferol içerikleri Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi (HPLC, Shimadzu, Kyoto, Japan)'ne enjekte edilerek belirlenmiştir. HPLC'nin çalışma koşulları Çizelge 3.2' de verilmiştir (Anonim, 1992).

Çizelge 3.2. HPLC'nin cihazının çalışma koşulları

Cihaz	Shimadzu LC- 10A
Kolon	LiChrosorb Si60 (250X4mm, ID) 5µm
Kolon Sıcaklığı	25 °C
Hareketli faz	Metanol
Akış Hızı	1,0 ml/dk
Dedektör	UV/Visible-Diode array dedektör (290 nm)
Enjeksiyon hacmi	10 µL

3.2.2.3. Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde analizi Şekil 3.2'de belirtilen işlemler sonucu elde edilen ekstraktlarda Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemle göre deney tüplerine öncelikle 150 µL çörek otu ve keten tohumu ekstraktları konularak üzerine 3 mL Na₂CO₃ (% 2) ilave edilmiştir. Yaklaşık 2 dk. sonra tüplere, ultra saf su ve 1:1 oranında seyreltilmiş Folin-Ciocalteu belirtecinden 150 µL eklenmiştir. Elde edilen bu karışım vorteks yardımıyla karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda 45 dk. bekletilmiştir. Bu süre sonunda spektrofotometrede 765 nm'de (Agilent 8453 Model) okuma yapılmıştır. Toplam fenolik madde derişimi gallik asit ile oluşturulan kalibrasyon grafiğinden hesaplanmış ve sonuçlar gallik asit eşdeğeri olarak ifade edilmiştir (Bae ve Suh, 2007).



Şekil 3.2. Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite tayini için örneklerin metanol kullanılarak ekstraktlarının hazırlanması.

3.2.2.4. DPPH radikali süpürme ile antioksidan aktivitenin belirlenmesi

2,2-difenilpikrilhidrazil (DPPH) radikal süpürme gücü Brand-Williams ve ark. (1995)'nin uyguladığı yöntemle göre yapılmıştır. Bu yöntemin prensibi kararlı serbest bir radikal olan DPPH'in karakteristik mor renginde meydana gelen azalmanın spektrofotometrik olarak ölçülmesi ilkesine dayanır. Renkte meydana gelen bu azalmanın nedeni, elektron veya hidrojen atomları veren antioksidanların varlığında, bu

antioksidanlar tarafından DPPH'in süpürülmesidir. Bu amaçla öncelikle DPPH çözeltisi (25 mg DPPH/L metanol) günlük olarak metanolde hazırlanmıştır. Şekil 3.2'de verilen yönteme göre hazırlanan çörek otu ve keten tohumu ekstraktlarından 100 µL tüplere konulmuş ve üzerlerine 2.4 mL DPPH çözeltisi eklenerek, 30 dk. boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Örneklerin absorbansı 520 nm'de metanole karşı okunarak (Agilent 8453 Model), DPPH radikalinin % inhibisyon oranı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır (Dudonné ve ark., 2009).

$$\% \text{ İnhibisyon} = (\text{Abs kontrol} - \text{Abs örnek}) / \text{Abs kontrol} \times 100 \quad (3.1)$$

3.2.2.5. Serbest asitlik tayini

Serbest asitlik, 100 g yağdaki serbest asitleri nötralize etmek için gerekli olan potasyum hidroksit (KOH) mg olarak miktarıdır. Bu amaçla soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağları etanol/dietileter (1:1, v/v) çözeltisinde çözündürülerek, 0.1 N etanollü KOH çözeltisine karşı titre edilmiştir. Sonuçlar % oleik asit cinsinden aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanmıştır (Anonim, 1989).

$$\text{Serbest yağ asitliği (\% oleik asit)} = (V \times N \times 28.2) / M \quad (3.2)$$

N : KOH çözeltisinin normalitesi

V : Titrasyonda harcanan KOH çözeltisinin miktarı (mL)

M : Tartılan örnek miktarı (g)

28.2 : 282 (Oleik asidin molekül ağırlığı) x 100/1000

3.2.2.6. Peroksit sayısı tayini

Peroksit değeri 1.0 kg yağda bulunan aktif oksijenin mili eşdeğer cinsinden ifadesidir. 1.0 g yağ örneğine kloroform/asetik asit (3:2, v/v) karışımından 25 mL ilave edilerek, karanlıkta 1 mL doymuş potasyum iyodür çözeltisi ile 10 dk. reaksiyona maruz bırakıldıktan sonra 30 mL saf su ve 1 mL % 1'lik nişasta çözeltisi ekleyip, 0.1 N

veya 0.01 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titrasyon gerçekleştirilmiştir (Anonim, 1989). Sonuçlar aşağıda verilen denkleme göre hesaplanmıştır.

$$PD = \frac{(A \times N \times 1000)}{E} \quad (3.3)$$

- PS : Peroksit sayısı (meq O₂/kg)
A : Kullanılan tiyosülfat çözeltisi miktarı (mL)
N : Kullanılan tiyosülfat çözeltisinin normalitesi
E : Numune miktarı (g)

3.2.1.7. Konjuge -dien ve -trien tayini

Çoklu doymamış yağ asitlerinden konjuge -dien ve -trien izomerleri oluşmaktadır. Bu oluşum UV spektromunda belirlenir. Oluşan konjuge -dien ve -trien yapılar sırasıyla, 232 nm ve 270 nm’de okunur. Konjuge -dien oluşumu arttıkça 232 nm’deki özgül soğuma değeri artar. 270 nm’de özgül soğurma değeri ise konjuge -trien yapılarının derişimi hakkında bilgi verir. Konjuge -dien ve -trien AOCS Official Method Ch 5-91’e göre belirlenmiştir. Uygun miktarda yağ örneği izooktanla seyreltilip (abs < 1) konjuge dienler için 232 nm’de konjuge trienler için 270 nm’de absorbansları okunarak belirlenmiştir. (AOCS, 2003).

$$E = K\lambda = \frac{A\lambda}{C \times l} \quad (3.4)$$

- Kλ = Okuma yapılan dalga boyundaki özgül soğurma değeri
Aλ = Okuma yapılan dalga boyundaki absorbans değeri
C = Çözeltinin derişimi (g/100 ml)
l = Kuvars küvetinin uzunluğu

3.2.2.8. TBARS analizi

TBARS analizinin prensibi; distilasyon ile oksidasyon ürünlerinin ayrılarak toplanması ve TBA ile verdikleri reaksiyon sonucu oluşan renkli ürünün

spektrofotometrik olarak ölçülmesi ile oksidasyon düzeyinin belirlenmesi esasına dayanır. Bu amaçla 100 mg çörek otu ve keten tohumu yağ örneği 25 ml'lik balon jode tartılmış ve bir miktar 1-bütanol ile çözündürüldükten sonra 25 ml çizgisine kadar 1-bütanol ile tamamlanıp, vorteks ile karıştırılmıştır. Vida kapaklı cam tüpe 5 ml örnek çözeltisi aktarılmıştır. Aynı tüpe 1-bütanolde hazırlanmış, 5 ml % 0.2'lik TBA çözeltisinden ilave edilip (Şahit deney için 5 ml 1-bütanol ve 5 ml % 0.2'lil TBA eklendi) vorteks ile karıştırdıktan sonra 90 °C'de 2 saat su banyosunda bekletilmiştir. Su banyosundan alınarak oda sıcaklığına geldikten sonra spektrofotometrede 532 nm'de okuma yapılarak aşağıda verilen denkleme göre TBA değeri hesaplanmıştır (AOCS, 1997).

$$\text{TBA değeri} = (50 \cdot A_{532}) / m \quad (3.5)$$

3.2.2.9. Schaal Fırın testi

Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağları 60 °C'ye ayarlanmış etüvde 28 gün boyunca bekletilerek 0., 7., 14., 21. ve 28. günlerde örnek alınmıştır. Yağların oksidatif stabilitelerini belirlemek için peroksit sayısı, konjuge -dien, -trien ve TBARS değerlerine bakılmıştır.

3.2.2.10. İstatistiksel değerlendirme

Çalışmadaki analizler en az 2 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçların değerlendirmesinde SPSS (version 20.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, Illinois) paket programı kullanılmıştır. Grup ortalamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ile incelenmiştir. Farklılığın önem derecesi Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak tespit edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Çörek Otu ve Keten tohumu Yağlarının Yağ Asidi Bileşimleri

Farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağları 60 °C’de 28 gün süreyle hızlandırılmış oksidasyon koşullarında bekletildikten sonra, 0. ve 28. günlerde alınan örneklerin yağ asidi bileşimleri Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.

Veriler çörek otu tohumu yağının önemli miktarda linoleik asit (C18:2) (% 55.85-56.43) içerdiği, linoleik asidi sırasıyla; oleik (C18:0) (% 23.99-24.96), palmitik (C16:0) (% 12.47-13.35), stearik (C18:0) (% 3.34-3.46) ve linolenik asidin (C18:3) (% 2.33-2.74) izlediğini göstermektedir. Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu yağında linoleik asit içeriklerinin sırasıyla, % 56.34, 56.22 ve 56.43 olduğunu 60 °C’de 28 gün depolamanın sonunda bu değerlerin % 56.24, 55.85 ve 55.97’ye düştüğünü, değişimlerin ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

Keten tohumu yağında ise en çok linolenik asit (C18:3) (% 50.77-52.60) bulunduğu, linolenik asidi sırasıyla; oleik (C18:1) (% 20.93-21.96), linoleik (C18:2) (% 15.67-15.88), palmitik (C16:0) (% 6.19-6.85) ve stearik asit (C18:0) (% 4.08-4.32) izlediği tespit edilmiştir. Aynı yöntemlerle elde edilen keten tohumu yağı örneklerinin linolenik asit içerikleri 60 °C’de 28 gün depolamanın sonucunda sırasıyla; % 52.40, 52.60 ve 51.93’den %51.79, 51.46 ve 50.77’ye düştüğünü, değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen ve 60 °C’de 28 gün boyunca depolamanın sonucunda çörek otu yağında sadece palmitik asit içeriğindeki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Keten tohumu yağında ise depolama sonucu palmitik, oleik ve linolenik asit içeriklerindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.1. Çörek otu yağlarının yağ asidi bileşimleri

Örnek	Yağ Asidi Bileşimi (% Metil Ester)							
	Gün	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
ÇO/SP	0.	0.20±0.001 ^{Aa}	13.35±0.15 ^{Ca}	0.45±0.09 ^{Ca}	3.34±0.09 ^{Aa}	23.99±0.20 ^{Aa}	56.34±0.48 ^{Aa}	2.33±0.08 ^{Aa}
	28.	0.21±0.001 ^{Ba}	13.32±0.18 ^{Bb}	0.28±0.05 ^{Ab}	3.40±0.09 ^{Aa}	24.17±0.25 ^{Aa}	56.24±0.53 ^{Aa}	2.38±0.05 ^{Aa}
ÇO/ÇE	0.	0.19±0.001 ^{Aa}	12.47±0.19 ^{Aa}	0.26±0.04 ^{Aa}	3.42±0.08 ^{Aa}	24.70±0.29 ^{Ca}	56.22±0.40 ^{Aa}	2.74±0.05 ^{Ba}
	28.	0.18±0.001 ^{Aa}	12.71±0.14 ^{Ab}	0.29±0.02 ^{Aa}	3.46±0.09 ^{Aa}	24.96±0.30 ^{Ba}	55.85±0.34 ^{Aa}	2.54±0.08 ^{ABa}
ÇO/SOK	0.	0.20±0.001 ^{Aa}	12.57±0.14 ^{Ba}	0.37±0.03 ^{Ba}	3.36±0.07 ^{Aa}	24.43±0.29 ^{Ba}	56.43±0.49 ^{Aa}	2.64±0.06 ^{Ba}
	28.	0.21±0.002 ^{Ba}	12.71±0.18 ^{Ab}	0.30±0.03 ^{Aa}	3.42±0.10 ^{Aa}	24.82±0.32 ^{Bb}	55.97±0.24 ^{Aa}	2.57±0.05 ^{Ba}

ÇO: Çörek otu yağı, SP: Soğuk Pres, ÇE: Çözücü Ekstraksiyonu, SOK: Sokselet. *Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen büyük harfler aynı süre içindeki örneklerde yöntemler arasındaki farkı gösterir (p<0.05). Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı yöntemler arasında süreler arasındaki farkı gösterir (p<0.05).

Çizelge 4.2. Keten tohumu yağlarının yağ asidi bileşimleri

Örnek	Yağ Asidi Bileşimi (% Metil Ester)							
	Gün	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
KE/SP	0.	0.05±0.001 ^{Aa}	6.19±0.1 ^{Aa}	0.18±0.09 ^{Aa}	4.22±0.10 ^{Ca}	21.10±0.18 ^{Aa}	15.86±0.12 ^{Aa}	52.40±0.50 ^{Ba}
	28.	0.06±0.002 ^{Aa}	6.26±0.11 ^{Ab}	0.17±0.03 ^{Aa}	4.32±0.11 ^{Aa}	21.53±0.21 ^{Ab}	15.87±0.20 ^{Aa}	51.79±0.34 ^{Cb}
KE/ÇE	0.	0.05±0.001 ^{Aa}	6.30±0.09 ^{Ba}	0.18±0.02 ^{Aa}	4.18±0.11 ^{ABa}	21.02±0.22 ^{Aa}	15.67±0.32 ^{Aa}	52.60±0.49 ^{Ca}
	28.	0.06±0.002 ^{Aa}	6.49±0.08 ^{Bb}	0.22±0.01 ^{Aa}	4.30±0.12 ^{Aa}	21.67±0.16 ^{Ab}	15.80±0.22 ^{Aa}	51.46±0.45 ^{Bb}
KE/SOK	0.	0.05±0.001 ^{Aa}	6.53±0.10 ^{Ca}	0.180.03± ^{Aa}	4.08±0.11 ^{Aa}	20.93±0.22 ^{Aa}	15.88±0.26 ^{Aa}	51.93±0.35 ^{Aa}
	28.	0.06±0.002 ^{Aa}	6.85±0.06 ^{Cb}	0.19±0.02 ^{Aa}	4.29±0.12 ^{Ab}	21.96±0.23 ^{Bb}	15.88±0.26 ^{Aa}	50.77±0.44 ^{Ab}

KE: Keten tohumu yağı, SP: Soğuk Pres, SE: Çözücü Ekstraksiyonu, SOK: Sokselet. *Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen büyük harfler aynı süre içindeki örneklerde yöntemler arasındaki farkı gösterir (p<0.05). Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı yöntemler arasında süreler arasındaki farkı gösterir (p<0.05).

4.2. Çörek Otu ve Keten Tohumu Yağlarının Tokoferol İçerikleri

Çörek otu ve keten tohumu yağlarının başlangıç ve 60 °C’de 28 günlük hızlandırılmış oksidasyon sürecinin sonundaki tokoferol içerikleri Çizelge 4.3’de verilmektedir.

Çizelge 4.3. Çörek otu ve keten tohumu yağlarının tokoferol içerikleri

Örnek	Gün	Tokoferol (mg/kg yağ)	
		α -Tokoferol	γ -Tokoferol
ÇO/SP	0	117.05 $\pm$ 4.46 ^f	241.22 $\pm$ 2.36 ^g
	28	59.77 $\pm$ 0.15 ^{bc}	83.95 $\pm$ 0.31 ^e
ÇO/ÇE	0	107.2 $\pm$ 0.66 ^{ef}	37.73 $\pm$ 2.25 ^{bc}
	28	98.86 $\pm$ 1.24 ^e	27.51 $\pm$ 0.75 ^{ab}
ÇO/SOK	0	91.71 $\pm$ 1.84 ^{de}	52.51 $\pm$ 0.15 ^{cd}
	28	75.24 $\pm$ 2.15 ^{cd}	44.51 $\pm$ 0.96 ^c
KE/SP	0	222.9 $\pm$ 7.61 ^g	512.28 $\pm$ 7.26 ^j
	28	48.29 $\pm$ 1.28 ^{ab}	153.66 $\pm$ 0.07 ^f
KE/ÇE	0	220.9 $\pm$ 0.018 ^g	435.12 $\pm$ 1.38 ⁱ
	28	34.76 $\pm$ 0.128 ^a	61.37 $\pm$ 1.36 ^d
KE/SOK	0	219.4 $\pm$ 2.10 ^g	403.40 $\pm$ 4.89 ^h
	28	42.86 $\pm$ 3.09 ^a	14.84 $\pm$ 0.598 ^a

ÇO: Çörek otu yağı, KE: Keten tohumu yağı, SP: Soğuk Pres, ÇE: Çözücü Ekstraksiyonu, SOK: Sokselet. *Değerler ortalama $\pm$ standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler farklı süre ve yöntemler arasındaki farkı gösterir (p<0.05).

Çörek otu ve keten tohumu yağlarında α - ve γ -tokoferol saptanmıştır. Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile alınan çörek otu yağlarının α -ve γ -tokoferol içerikleri sırasıyla, 117.05, 241.22; 107.2, 37.73; 91.71, 52.51 mg/kg yağ başlangıç değerlerinden, 28 günlük depolamanın sonunda (60°C) sırasıyla, 59.77, 83.95; 98.86, 27.51, 75.24, 44.51 mg/kg yağ'a düşmüştür. Keten tohumu yağlarında ise, örneklerin α - ve γ -tokoferol içerikleri sırasıyla, 222.9, 512.28; 220.9, 435.12; 219.4, 403.4 mg/kg yağ'dan 48.29, 153.66; 34.76, 61.37; 42.86, 14.84 mg/kg yağ'a düşmüştür. Verilerin topluca değerlendirilmesinde, çörek otu yağı örneklerinin keten tohumu yağı örneklerinden daha düşük α - ve γ -tokoferol içeriğine sahip oldukları, soğuk pres yağlarının çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemi ile elde edilen yağlardan daha yüksek düzeyde tokoferol içeriklerine sahip oldukları ve 60 °C'de 28 günlük hızlandırılmış oksidasyon koşullarında örneklerin tokoferol içeriklerinde önemli düzeyde azalma meydana geldiği gözlemlenmektedir (p<0.05).

4.3. Çörek Otu ve Keten Tohumlarının Toplam Fenolik Madde İçerikleri

Farklı yöntemlerle elde edilen çörek otu ve keten tohumu örneklerinin Toplam Fenolik Madde (TFM) içerikleri yağsız kısım üzerinden gallik asit eşdeğeri (mg GAE/100 g yağsız kısım) olarak hesaplanmıştır. Farklı ekstraksiyon yöntemleri uygulanan çörek otu ve keten tohumlarının yağsız küspelerinin TFM içerikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Veriler, çörek otu tohumunun TFM içeriğinin (1277.08-3556.25 mg GAE/100 g yağsız kısım) keten tohumundan (785.41-2004.16 mg GAE/g yağsız kısım) daha yüksek olduğunu göstermektedir. Yağ elde etme yönteminin TFM içeriğine istatistiksel olarak önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Her iki örnekte de soğuk pres yöntemi ile yağı alınan küspenin diğer yöntemlere göre daha yüksek düzeyde TFM içerdiği saptanmıştır. Çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile yağı alınan örneklerin soğuk pres küspesinden daha düşük TFM içeriğine sahip olmaları, bu örneklerin uzun süre çözücü ile temasta olmalarına bağlanmaktadır. Diğer taraftan çözücü ekstraksiyonu ile yağı alınan küspenin sokselet yöntemi uygulanan örnekten daha yüksek TFM içeriğine sahip olması da sokselet yönteminde uygulanan ısı sonucu fenolik maddelerin etkilenmesine bağlanmaktadır.

Çizelge 4.4. Çörek otu ve keten tohumlarının toplam fenolik madde içerikleri (mg GAE/g yağsız kısım)

Örnek	Yöntemler		
	Soğuk Pres	Çözücü Ekstraksiyonu	Sokselet
Çörek Otu	3556.25±72.41 ^b	1372.91±14.58 ^a	1277.08±51.75 ^a
Keten	2004.16±68.16 ^c	1079.16±34.50 ^b	785.41±22.25 ^a

*Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı örnekte yöntemler arasındaki farkı gösterir ($p<0.05$).

4.4. Çörek Otu ve Keten Tohumlarının Antioksidan Aktivite Değerleri

Çörek otu ve keten tohumu örneklerinin antioksidan aktiviteleri, DPPH radikaline karşı radikal sönmüleme aktivitelerinin değerlendirilmesi ile saptanarak, antioksidan aktivite % inhibisyon olarak ifade edilmiştir. Çörek otu ve keten tohumu örneklerinin antioksidan aktiviteleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Çörek otu örneğinin % inhibisyon değerleri keten tohumu eşdeğerlerinden daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Uygulanan yağ elde yöntemine göre çörek otu ve keten tohumu örneklerinin % inhibisyon değerleri değişmekte olduğunu, bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemlerinin uygulandığı çörek otu ve keten tohumu örneklerin % inhibisyon değerleri sırasıyla; % 69.66, 26.93, 5.759 ve % 34.58, 4.091 ve 1.198 olarak saptanmıştır. Soğuk pres yöntemi ile yağı alınan çörek otu ve keten tohumu örnekleri en yüksek % inhibisyon değerine sahip iken, sokselet yöntemi uygulanan örneklerin % inhibisyon değerleri önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Çörek otu ve keten tohumu örneklerinin TFM içerikleri ile % inhibisyon değerlerinin birbirleriyle uyumlu oldukları verilerden anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.5. Çörek otu ve keten tohumlarının DPPH değerleri (% inhibisyon)

Örnek	Yöntemler		
	Soğuk Pres	Çözücü Ekstraksiyon	Sokselet
Çörek Otu	69.66±1.46 ^c	26.93±0.93 ^b	5.759±0.09 ^a
Keten	34.58±0.09 ^c	4.091±0.19 ^b	1.198±0.05 ^a

*Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı örnekte yöntemler arasındaki farkı gösterir ($p<0.05$).

4.5. Çörek Otu ve Keten Tohumu Yağlarının % Serbest Asitliği

Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağları 60 °C’de 28 gün süreyle hızlandırılmış oksidasyon koşullarında bekletildikten sonra, 0., 7., 14., 21. ve 28. günlerde alınan örneklerin % asitlik değerleri (oleik asit cinsinden) Çizelge 4.6 ve 4.7’de verilmiştir. Veriler, % asitlik değerinin depolama süresi boyunca çörek otu tohumu yağında %10.28-29.26, keten tohumu yağında ise %1.07-1.94 arasında değişmekte olduğunu, % asitlik değerinin çörek otu yağında keten tohumu yağına göre daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Farklı yağ elde etme yöntemlerinin ve 60 °C’de 28 günlük depolamanın serbest asitlik değerini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilediği saptanmıştır ($p<0.05$). Soğuk pres yöntemi ile elde edilen çörek otu yağında % asitlik değerlerinin (Çizelge 4.6.) depolama süresi boyunca diğer yağ elde etme yöntemlerine göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Çizelge 4.7’deki veriler, çözücü ekstraksiyonu

yöntemi ile elde edilen keten tohumu yağının başlangıç asitlik değerinin diğer yağ elde etme yöntemlerine göre daha düşük olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Çizelge 4.6. Çörek otu tohumu yağının serbest asitlik değerleri (%)

Günler	Yöntemler		
	Soğuk Pres	Çözücü Ekstraksiyonu	Sokselet
0.	10.28±0.13 ^{Aa}	26.15±0.02 ^{Ca}	23.66±0.02 ^{Bb}
7.	13.64±0.13 ^{Ab}	26.82±0.02 ^{Cb}	24.53±0.01 ^{Bc}
14.	14.79±0.14 ^{Ad}	27.76±0.02 ^{Cc}	25.45±0.02 ^{Bd}
21.	15.09±0.14 ^{Ad}	28.68±0.02 ^{Cd}	25.52±0.02 ^{Be}
28.	14.02±0.13 ^{Ac}	29.26±0.02 ^{Ce}	23.33±0.02 ^{Ba}

*Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen büyük harfler aynı sürede yöntemler arasındaki farkı ($p<0.05$). Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı yöntemler arasında süreler arasındaki farkı gösterir ($p<0.05$).

Çizelge 4.7. Keten tohumu yağının serbest asitlik değerleri (%)

Günler	Yöntemler		
	Soğuk Pres	Çözücü Ekstraksiyonu	Sokselet
0.	1.31±0.05 ^{Ba}	1.07±0.03 ^{Aa}	1.67±0.06 ^{Cb}
7.	1.39±0.05 ^{Aa}	1.38±0.03 ^{Ab}	1.36±0.07 ^{Aa}
14.	1.36±0.05 ^{Aa}	1.66±0.04 ^{Bc}	1.91±0.06 ^{Cc}
21.	1.80±0.06 ^{Bb}	1.33±0.03 ^{Ab}	1.92±0.07 ^{Bc}
28.	1.39±0.05 ^{Aa}	1.39±0.03 ^{Ab}	1.94±0.07 ^{Bc}

*Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen büyük harfler aynı sürede yöntemler arasındaki farkı ($p<0.05$). Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı yöntemler arasında süreler arasındaki farkı gösterir ($p<0.05$).

4.6. Çörek Otu ve Keten Tohumu Yağlarının Peroksit Değerleri

Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağları 60 °C’de 28 gün süreyle hızlandırılmış oksidasyon koşullarında bekletildikten sonra, 0., 7., 14., 21. ve 28. günlerde alınan örneklerin peroksit değerleri (meq O₂/kg yağ) Çizelge 4.8, Çizelge 4.9, Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Çörek otu ve keten tohumu yağlarının peroksit değerleri karşılaştırıldığı zaman, çörek otu tohumu yağının peroksit değerleri (92.03-222.50 meq O₂/kg yağ) depolama süreci boyunca keten tohumu yağına (3.18-128.2 meq O₂/kg yağ) göre yüksek olduğu görülmektedir. Farklı yağ elde etme yöntemlerinin ve 60 °C’de 28 günlük depolamanın peroksit değerlerini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkilediği saptanmıştır ($p<0.05$). Çörek otu yağlarının peroksit değerlerinde depolama sonucunda azalma gözlenmiş ve bu azalama istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.8'deki veriler incelendiğinde sokselet yöntemi ile elde edilen çörek otu tohumu yağının depolama süresi boyunca peroksit değerindeki değişim (92.03-144.89 meq O₂/kg yağ) diğer yağ elde etme yöntemlerine göre daha düşük bulunmuşken, peroksit değerlerindeki en yüksek değişim (133.03-222.50 meq O₂/kg yağ) soğuk pres yöntemi ile elde edilen yağda görülmektedir (p<0.05).

Farklı yöntemlerle elde edilen keten tohumu yağlarının peroksit değerlerinde depolama süresince artış saptanmıştır (p<0.05). Çizelge 4.9'daki veriler, soğuk pres yöntemi ile elde edilen keten tohumu yağının depolama süresi boyunca peroksit değerindeki değişimin (3.18-70.46 meq O₂/kg) diğer yağ elde etme yöntemlerine göre daha düşük olduğunu gösterirken, sokselet yöntemi ile elde edilen yağda en yüksek peroksit değerleri (6.11-128.26 meq O₂/kg yağ) gözlemlenmiştir (p<0.05).

Çizelge 4.8. Çörek otu tohumu yağlarının peroksit değerleri (meq O₂/kg yağ)

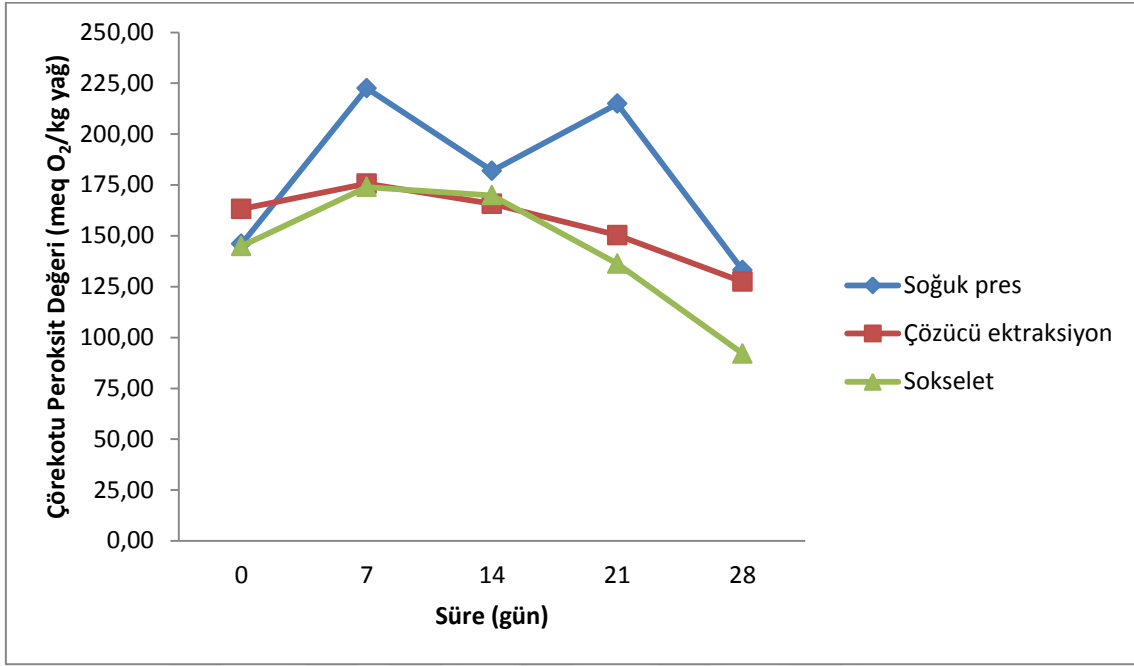
Günler	Yöntemler		
	Soğuk Pres	Çözücü Ekstraksiyonu	Sokselet
0.	145.96±16.06 ^{Aab}	163.15±1.19 ^{Ac}	144.89±7.15 ^{Ab}
7.	222.50±11.41 ^{Bd}	175.61±2.53 ^{Ad}	173.99±8.47 ^{Ac}
14.	181.92±9.28 ^{Abc}	165.67±2.94 ^{Ac}	169.85±13.6 ^{Ac}
21.	214.8±19.78 ^{Bcd}	150.30±3.17 ^{Ab}	136.27±0.50 ^{Ab}
28.	133.03±15.94 ^{Ba}	127.38±1.75 ^{Ba}	92.03±4.93 ^{Aa}

*Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen büyük harfler aynı sürede yöntemler arasındaki farkı (p<0.05). Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı yöntemler arasında süreler arasındaki farkı gösterir (p<0.05).

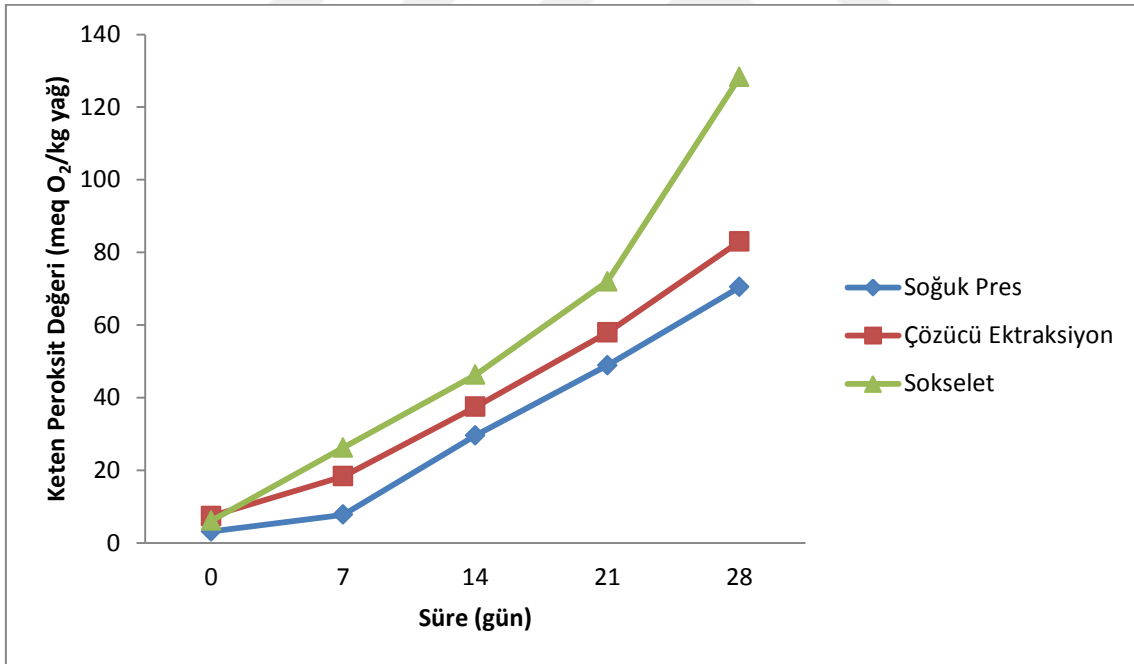
Çizelge 4.9. Keten tohumu yağlarının peroksit değerleri (meq O₂/kg yağ)

Günler	Yöntemler		
	Soğuk Pres	Çözücü Ekstraksiyonu	Sokselet
0.	3.18±0.95 ^{Aa}	7.40±1.72 ^{Aa}	6.11±2.09 ^{Aa}
7.	7.79±0.36 ^{Aa}	18.36±0.11 ^{Bb}	26.25±0.35 ^{Cb}
14.	29.59±5.03 ^{Ab}	37.50±0.25 ^{ABc}	46.30±0.42 ^{Bc}
21.	48.91±0.35 ^{Ac}	57.93±1.92 ^{Bd}	71.99±1.04 ^{Cd}
28.	70.46±1.41 ^{Ad}	83.00±0.21 ^{Be}	128.2±3.08 ^{Ce}

*Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen büyük harfler aynı sürede yöntemler arasındaki farkı (p<0.05). Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı yöntemler arasında süreler arasındaki farkı gösterir (p<0.05).



Şekil 4.1. Çörek otu tohumu yağlarının peroksit değerleri.



Şekil 4.2. Keten tohumu yağlarının peroksit değerleri.

4.7. Çörek Otu ve Keten Tohumu Yağlarının Konjuge -Dien (K₂₃₂) ve -Trien (K₂₇₀) Değerleri

Farklı yöntemlerle elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağlarının 60 °C’de 28 gün süreyle hızlandırılmış oksidasyon koşullarındaki konjuge -dien ve konjuge -trien değerleri Çizelge 4.10, 4.11, 4.12, 4.13’de ve Şekil 4.3, 4.4, 4.5, 4.6’da verilmiştir.

Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu tohumu yağlarının başlangıç ve depolama sonundaki konjuge -dien değerleri sırasıyla, 14.06, 12.43, 10.12 ve 20.19, 13.69, 14.14; konjuge -trien değerleri ise 5.35, 4.19, 3.01 ve 8.17, 4.51, 5.24 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11). Farklı yağ elde etme yöntemlerinin K₂₃₂ ve K₂₇₀ değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturduğu, sokselet yöntemi ile elde edilen yağda depolamanın 21. gününe kadar K₂₃₂ ve K₂₇₀ değerlerinin diğer yağ elde etme yöntemlerine göre daha düşük olduğu ve bunun istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür (p<0.05).

Soğuk pres, soğuk ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen keten tohumu yağlarının başlangıç K₂₃₂ değerleri sırasıyla, 2.45, 2.64 ve 2.30’dan depolama sonunda 9.01, 12.47 ve 17.94’e yükseldiği, k₂₇₀ değerlerinin ise 0.66, 0.79 ve 0.30’dan depolama sonunda 1.92, 2.16 ve 3.67’ye yükseldiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13). Farklı yağ elde etme yöntemlerinin K₂₃₂ değerlerine etkisi olduğu, soğuk pres yöntemi ile elde edilen yağda depolama süresi boyunca K₂₃₂ değerlerinin diğer yağ elde etme yöntemlerine göre daha düşük olduğu saptanmıştır (p<0.05). Sokselet yöntemi ile elde edilen keten tohumu yağlarının K₂₇₀ değerleri depolama sürecinde diğer iki yöntemdeki eşdeğerlerinden daha yüksek bulunmuştur (p<0.05).

Çizelge 4.10. Çörek otu tohumu yağlarının konjuge -dien (K₂₃₂) değerleri

Günler	Yöntemler		
	Soğuk Pres	Çözücü Ekstraksiyonu	Sokselet
0.	14.06±0.07 ^{Bc}	12.43±0.03 ^{Ca}	10.12±0 ^{Aa}
7.	12.79±0.04 ^{Aa}	14.31±0.63 ^{Bc}	11.78±0 ^{Ab}
14.	13.47±0.08 ^{Bb}	13.70±0.04 ^{Cbc}	11.68±0.05 ^{Ab}
21.	14.16±0.04 ^{Cc}	13.24±0.03 ^{Bb}	11.80±0.04 ^{Ab}
28.	20.19±0.13 ^{Bd}	13.69±0.14 ^{Abc}	14.14±0.16 ^{Ac}

*Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen büyük harfler aynı sürede yöntemler arasındaki farkı (p<0.05). Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı yöntemler arasında süreler arasındaki farkı gösterir (p<0.05).

Çizelge 4.11. Çörek otu tohumu yağlarının konjuge -trien (K₂₇₀) değerleri

Günler	Yöntemler		
	Soğuk Pres	Çözücü Ekstraksiyonu	Sokselet
0.	5.35±0.04 ^{Cc}	4.19±0.01 ^{Ba}	3.01±0.02 ^{Aa}
7.	4.51±0.35 ^{Aa}	4.63±0.04 ^{Bc}	3.66±0.02 ^{Ab}
14.	4.39±0.11 ^{Bb}	4.51±0.04 ^{Cbc}	3.43±0.02 ^{Ab}
21.	4.89±0.02 ^{Cc}	4.26±0.02 ^{Bb}	3.51±0.06 ^{Ab}
28.	8.17±0.16 ^{Bd}	4.51±0.11 ^{Abc}	5.24±0.11 ^{Ac}

*Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen büyük harfler aynı sürede yöntemler arasındaki farkı (p<0.05). Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı yöntemler arasında süreler arasındaki farkı gösterir (p<0.05).

Çizelge 4.12. Keten tohumu yağlarının konjuge -dien (K₂₃₂) değerleri

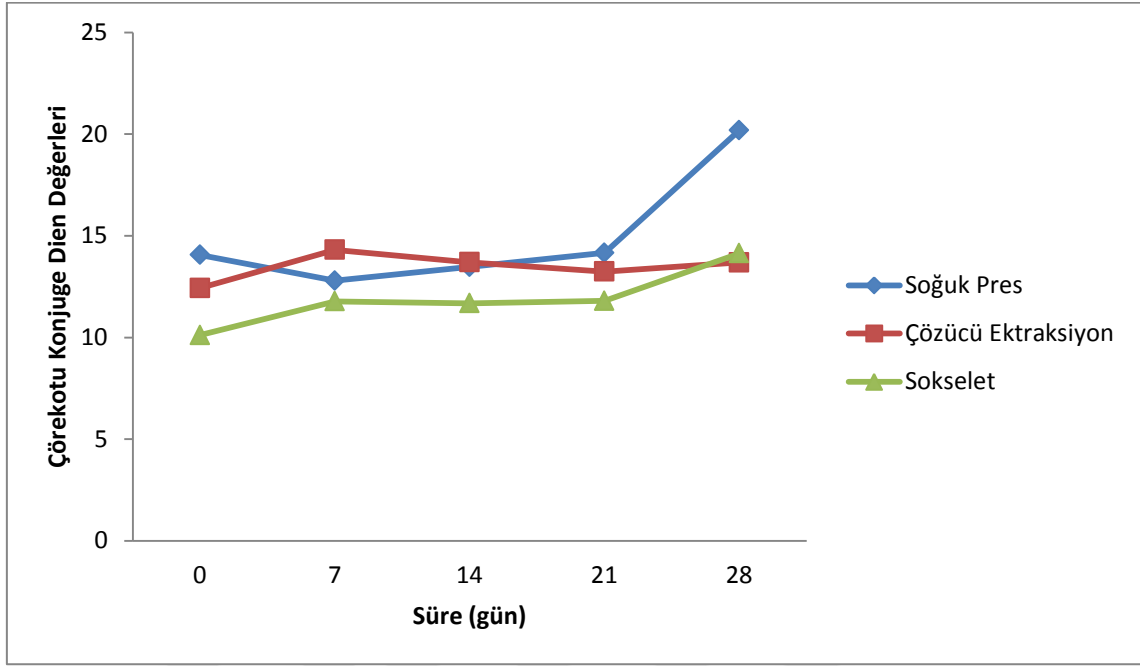
Günler	Yöntemler		
	Soğuk Pres	Çözücü Ekstraksiyonu	Sokselet
0.	2.45±0.35 ^{Aa}	2.64±0.1 ^{Aa}	2.30±0.06 ^{Aa}
7.	3.69±0.04 ^{Ab}	4.33±0.09 ^{Bb}	6.92±0.18 ^{Cb}
14.	4.14±0.06 ^{Ab}	5.66±0.01 ^{Bc}	7.97±0.04 ^{Cb}
21.	6.79±0.03 ^{Ac}	8.64±0.11 ^{Bd}	11.80±0.07 ^{Cc}
28.	9.01±0.28 ^{Ad}	12.47±0.01 ^{Be}	17.94±1.08 ^{Cd}

*Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen büyük harfler aynı sürede yöntemler arasındaki farkı (p<0.05). Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı yöntemler arasında süreler arasındaki farkı gösterir (p<0.05).

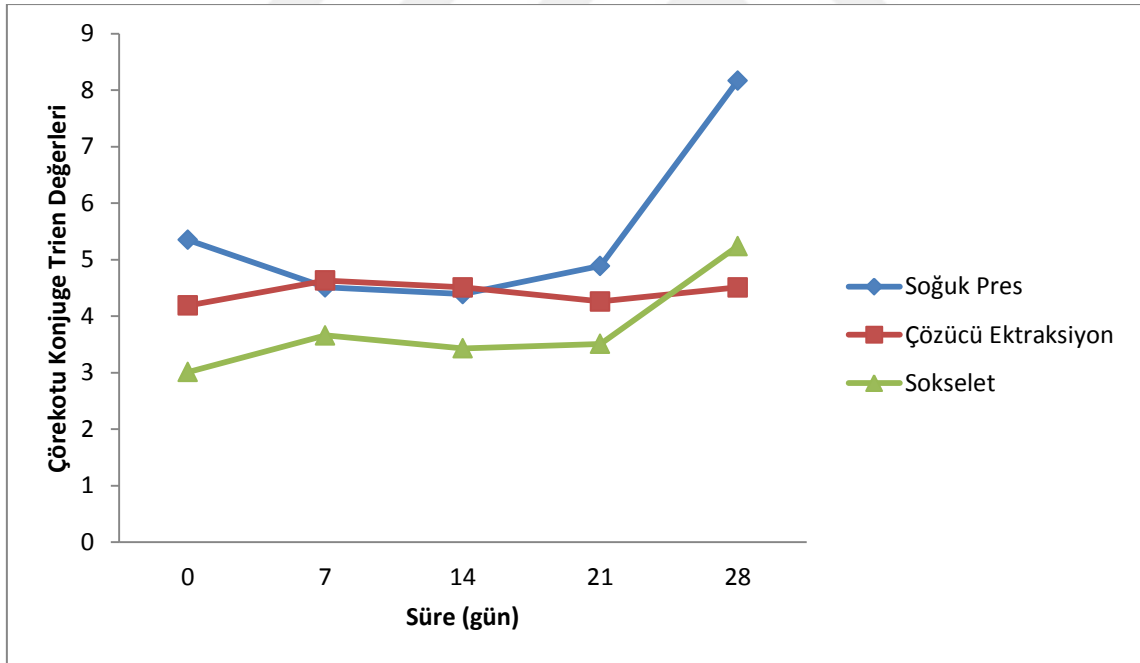
Çizelge 4.13. Keten tohumu yağlarının konjuge -trien (K₂₇₀) değerleri

Günler	Yöntemler		
	Soğuk Pres	Çözücü Ekstraksiyonu	Sokselet
0.	0.66±0.34 ^{Aab}	0.79±0.17 ^{Ab}	0.30±0.06 ^{Aa}
7.	0.25±0.03 ^{Aa}	0.89±0.06 ^{Bb}	1.03±0.16 ^{Bb}
14.	0.83±0.11 ^{Bb}	0.56±0.04 ^{Aa}	1.10±0.04 ^{Cb}
21.	0.83±0.01 ^{Ab}	1.17±0.01 ^{Bc}	1.89±0.05 ^{Cc}
28.	1.92±0.18 ^{Ac}	2.16±0.07 ^{Ad}	3.67±0.24 ^{Bd}

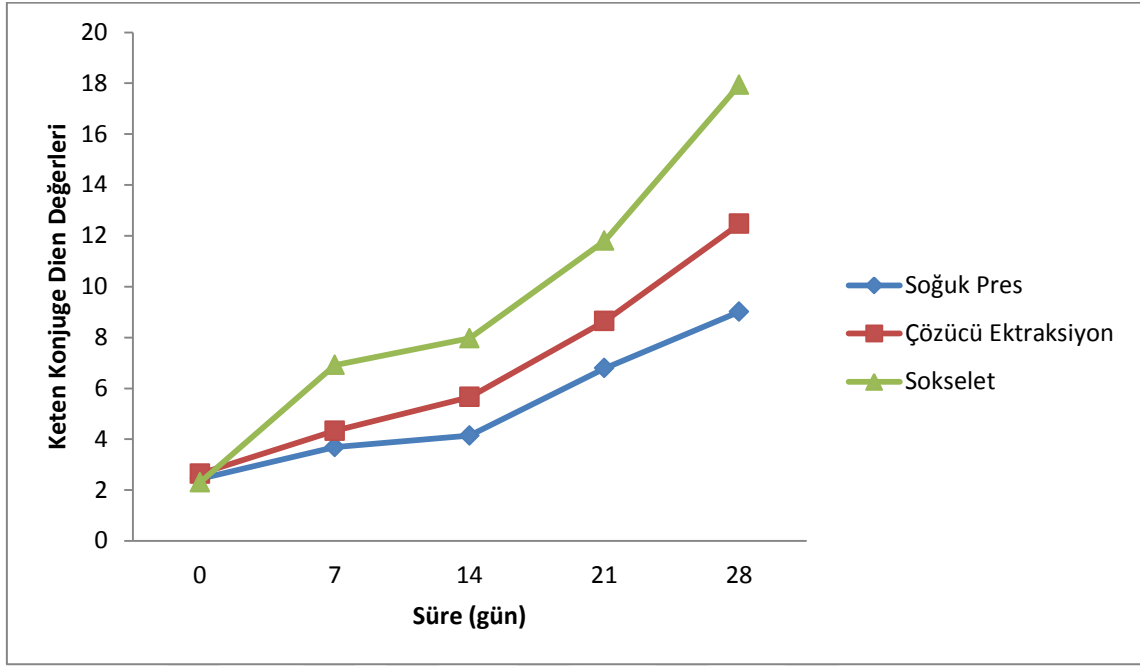
*Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen büyük harfler aynı depolama süresinde yöntemler arasındaki farkı (p<0.05). Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı yöntemler arasında depolama süreleri arasındaki farkı gösterir (p<0.05).



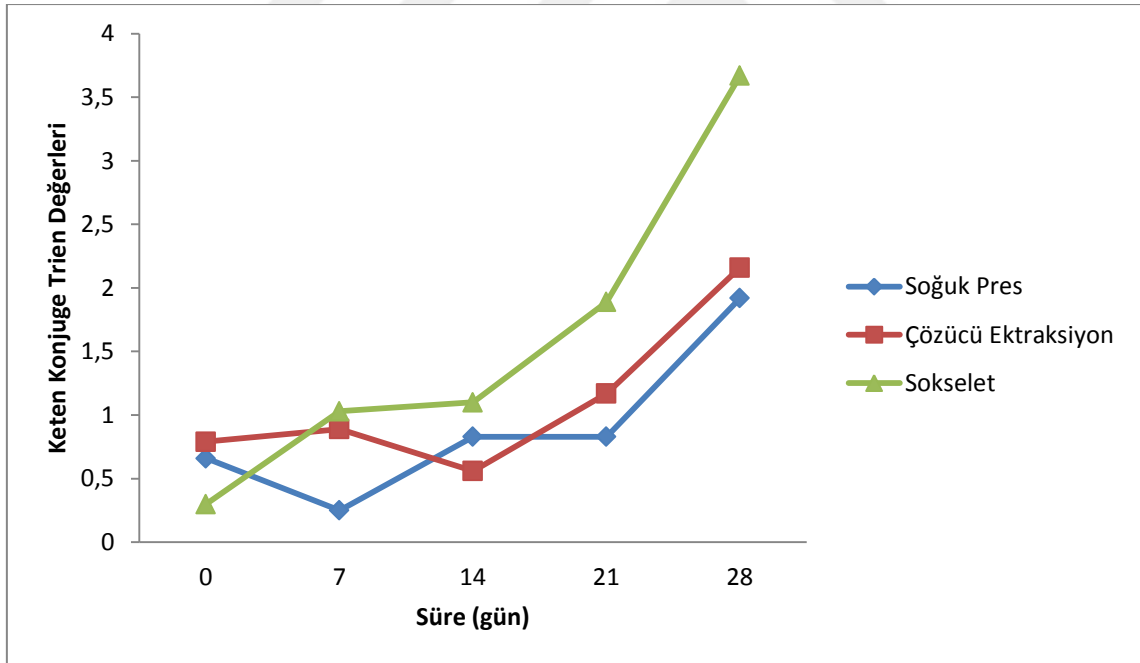
Şekil 4.3. Çörek otu tohumu yağlarının konjuge -dien (K₂₃₂) değerleri.



Şekil 4.4. Çörek otu tohumu yağlarının konjuge -trien (K₂₇₀) değerleri.



Şekil 4.5. Keten tohumu yağlarının konjuge -dien (K_{232}) değerleri.



Şekil 4.6. Keten tohumu yağlarının konjuge -trien (K_{270}) değerleri.

4.8. Çörek Otu ve Keten Tohumu Yağlarının TBARS Değerleri

Farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağlarının hızlandırılmış oksidasyon (60 °C, 28 gün) sürecindeki TBARS değerleri

Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Şekil 4.7 ve 4.8’de verilmiştir. TBARS değeri yağların oksidasyonu sırasında oluşan oksidasyonun ikincil ürünlerinin göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Çizelge 4.14’deki veriler, farklı yöntemlerle elde edilen çörek otu yağı örneklerinin TBARS değerlerinin birbirinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık gösterdiğini göstermektedir ($p<0.05$). Sokselet yöntemi ile elde edilen çörek otu tohumu yağları en düşük TBARS değerlerine sahip iken ($2.35\text{--}3.17$ mg MAD/kg yağ), soğuk pres yöntemi ile elde edilen örneklerin TBARS değerleri bütün örnekleme aralıklarında diğer iki yöntem ile elde edilen örneklerden daha yüksek ($4.09\text{--}20.22$ mg MAD/kg yağ) bulunmuştur. Depolama süresi boyunca örneklerin TBARS değerlerinde önemli düzeyde artış saptanmıştır ($p<0.05$). Çizelge 4.15’deki verilere göre farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen keten tohumu yağlarında çözücü ekstraksiyonu ile elde edilen örnekte en yüksek TBARS değerleri saptanırken, çörek otu yağı örneğinde olduğu gibi sokselet yöntemi ile elde edilen örneklerin tüm örnekleme aralıklarında en düşük TBARS değerlerine sahip oldukları saptanmıştır. Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen keten tohumu yağlarının TBARS değerleri sırasıyla, 25.26 , 30.66 ve 23.42 mg MAD/kg yağ’dan 36.17 , 51.12 ve 33.73 mg MAD/kg yağ’a yükseldiği saptanmıştır. Çözücü ekstraksiyonu yöntemi ile elde edilen keten tohumu yağı örnekleri tüm örnekleme aralıklarında en yüksek TBARS değerlerine sahip oldukları saptanmıştır ($p<0.05$). Keten tohumu yağının TBARS değerlerinin çörek otu yağının TBARS değerinden daha yüksek olması keten tohumu yağının yüksek düzeyde linolenik asit içeriğine sahip olmasına bağlanmaktadır. Yağ asitlerinin çoklu doymamışlık düzeylerinin artması ile oksidatif stabiliteleri düşmektedir.

Çizelge 4.14. Çörek otu tohumu yağlarının TBARS değerleri (mg MAD/kg yağ)

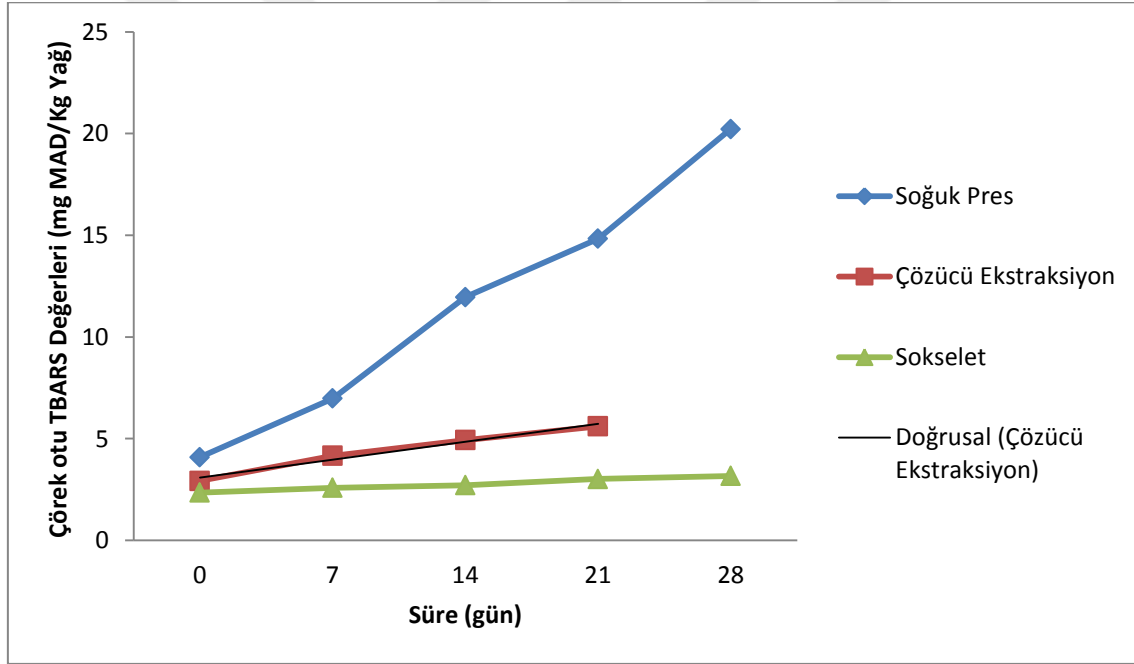
Günler	Yöntemler		
	Soğuk Pres	Çözücü Ekstraksiyonu	Sokselet
0.	4.09 ± 0.02^{Ca}	2.53 ± 0.03^{Ba}	2.35 ± 0.02^{Aa}
7.	6.98 ± 0.04^{Cb}	2.93 ± 0.03^{Bb}	2.59 ± 0.04^{Ab}
14.	11.96 ± 0.01^{Cc}	4.16 ± 0.04^{Bc}	2.71 ± 0.01^{Ab}
21.	14.83 ± 0.04^{Cd}	4.93 ± 0.04^{Bd}	3.02 ± 0.02^{Ac}
28.	20.22 ± 0.08^{Ce}	5.61 ± 0.06^{Be}	3.17 ± 0.05^{Ac}

*Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen büyük harfler aynı depolama süresinde yöntemler arasındaki farkı ($p<0.05$). Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı yöntemler arasında depolama süreleri arasındaki farkı gösterir ($p<0.05$).

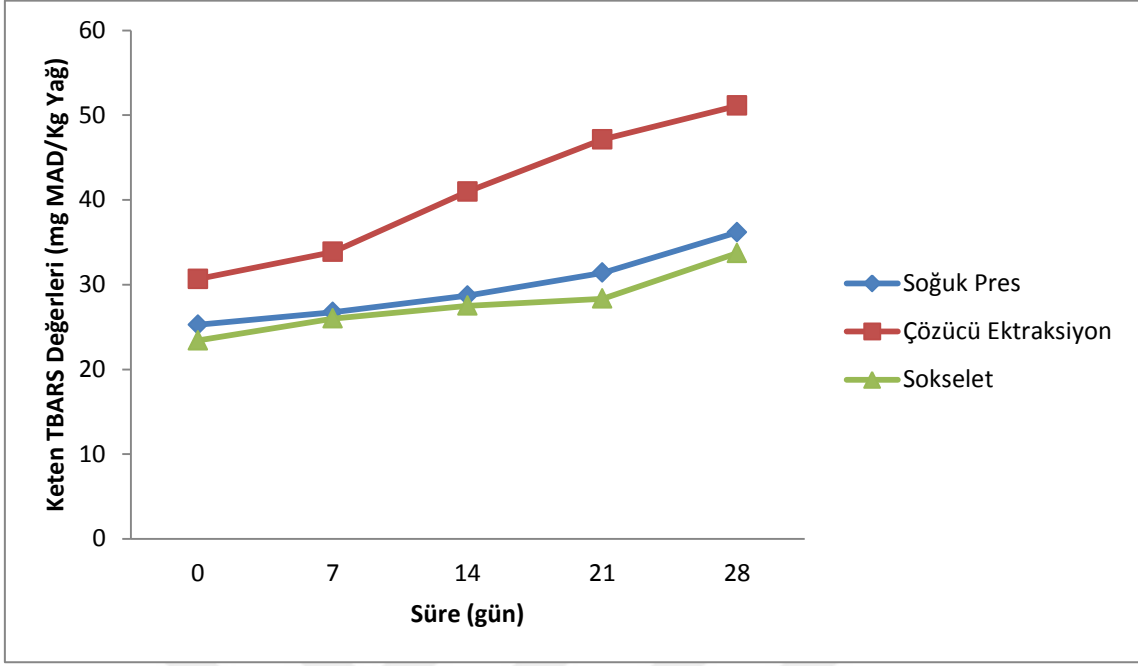
Çizelge 4.15. Keten tohumu yağlarının TBARS değerleri (mg MAD/Kg Yağ)

Günler	Yöntemler		
	Soğuk Pres	Çözücü Ekstraksiyonu	Sokselet
0.	25.26±0.40 ^{Aa}	30.66±0.23 ^{Ba}	23.42±0.30 ^{Aa}
7.	26.76±0.19 ^{Aa}	33.85±0.34 ^{Bb}	26.00±0.22 ^{Ab}
14.	28.71±0.20 ^{Ab}	40.97±0.28 ^{Bc}	27.51±0.26 ^{Abc}
21.	31.40±0.40 ^{Ac}	47.14±0.46 ^{Bd}	28.35±0.36 ^{Ac}
28.	36.17±0.42 ^{Ad}	51.12±0.66 ^{Be}	33.73±0.47 ^{Ad}

*Değerler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir. Üst karakter olarak gösterilen büyük harfler aynı depolama süresinde yöntemler arasındaki farkı ($p<0.05$). Üst karakter olarak gösterilen küçük harfler aynı yöntemler arasında depolama süreleri arasındaki farkı gösterir ($p<0.05$).



Şekil 4.7. Çörek otu tohumu yağlarının TBARS değerleri.



Şekil 4.8. Keten tohumu yağlarının TBARS değerleri.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Toplumlarda bilinçli beslenme eğilimlerinin yaygınlaşması son yıllarda alışagelmışin dışında doğal alternatif gıda maddelerine talebin artmasına yol açmıştır. Sıkça kullanılan ayçiçeği, mısırözü, soya vb. yağlı tohumların dışında çörek otu, keten, aspir, haşhaş vb. yağlı tohumlar tüketicilerin ilgisini çekmektedir. Çörek otu ve keten tohumu ve yağları asırlardan beri geleneksel bilgilere dayanarak bazı sağlık sorunların giderilmesinde kullanılmaktadırlar. Eğitim seviyesinin yükselmesi ve buna bağlı olarak tüketicilerin bilinçlenmesi ile gıda maddelerin bileşimi de tüketici tercihlerinde önemli rol oynamaya başlamıştır. Yağ asidi bileşimi ve özellikle doymamışlık düzeyi ve doğal antioksidanların niteliği ve niceliği de tüketicilerin tercihini etkilemektedir. Bununla birlikte günümüzde yağların bileşimi ile birlikte yağların elde edilme yöntemleri de bilinçli insanlar tarafından göz önünde bulundurulmaktadır. Soğuk pres ve çözücü ekstraksiyonu yağların elde edilmesinde uygulanan başlıca yöntemlerdir. Bu çalışmada soğuk pres, oda sıcaklığında çözücü ekstraksiyonu ve laboratuvarlarda yaygın bir şekilde uygulanan sokselet yöntemlerinin çörek otu ve keten tohumu yağlarının bazı özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada ayrıca 60 °C’de 28 günlük depolamanın çörek otu ve keten tohumu yağlarının yağ asidi bileşimi, tokoferol içerikleri, toplam fenolik maddeler, % asitlik, peroksit sayısı, K₂₃₂, K₂₇₀ ve TBARS içerikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Çörek otu ve keten tohumu yağları içerdikleri linoleik ve linolenik gibi elzem yağ asitleri nedeniyle tüketiciler ve araştırmacıların dikkatini çekmektedirler. Çörek otu tohumu yağı linoleik asit içeriği (% 55.85-56.43) ile karakterize edilirken, keten tohumu yağı yenilebilir yağlar arasında en zengin linolenik asit içeriği (% 50.77-52.60) ile tanımlanmaktadır. Menounos ve ark. (1986), çörek otu tohumu yağında % 55.8 linoleik asit, Kıralan (2006) ise keten tohumu yağında % 59.77 linolenik asit bulunduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçlar farklı yağ elde yöntemleri ve 60 °C’de 28 günlük bekletmenin çörek otu tohumu yağının linoleik asit içeriğini etkilemediğini ($p>0.05$) ancak bu koşullar keten tohumu yağının linolenik asit içeriğini etkilediğini göstermektedir ($p<0.05$). Bu durum linolenik asidin uygulanan işlemler ve oksidasyondan etkilendiğini ortaya koymaktadır.

Yüksek düzeyde çoklu doymamış yağ asitleri içeriği, bir yağın tüketiciler tarafından tercih edilmesini sağlayabilir ancak doymamışlık düzeyinin, yağ asitlerinin oksidasyona karşı oldukça duyarlı olmalarını ve yağın oksidatif stabilitesini düşürdüğü de göz ardı edilmemelidir. Stearik, oleik, linoleik ve linolenik asitlerin rölatif oksidasyon hızları sırasıyla; 1.0, 100, 1200 ve 2500 olarak saptanmıştır (Kayhan, 2003). Bu veriler, çoklu doymamış yağ asitlerini yüksek düzeyde içeren yağların oksidasyona maruz kalma olasılığının nedenli yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak çoklu doymamış yağ asitlerini yüksek oranda içeren organizmalar doğal koruma mekanizmalarını geliştirmişlerdir. Genelde çoklu doymamış yağ asitlerini yüksek düzeyde içeren yağların doğal antioksidan içerikleri de yüksektir. Javidipour ve ark. (2017) fındık, ayçiçeği, soya ve zeytin yağlarının yağ asitleri ve tokoferol içeriklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, yüksek düzeyde doymamış yağ asitlerini içeren ayçiçeği ve soya yağlarının fındık ve zeytin yağlarına göre oldukça yüksek düzeyde tokoferol içerdiklerini bildirmişlerdir. Çörek otu ve keten tohumu yağlarında bu durum açıkça görülmektedir. Çörek otu ve keten tohumu yağlarının linolenik asit içerikleri sırasıyla, % 2.33-2.74 ve % 50.77-52.60 arasında bulunmuştur. Oksidasyona karşı oldukça duyarlı olan linolenik asidi yüksek düzeyde içeren keten tohumu yağının tokoferol içeriği çörek otu tohumu yağından daha yüksek bulunmuştur. Soğuk pres yöntemi ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağlarının α - ve γ -tokoferol içerikleri sırasıyla, 117.05, 241.22 ve 222.9, 512.28 mg/kg yağ olarak saptanmıştır. Soğuk pres ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağlarının tokoferol içerikleri çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen örneklerden daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Çörek otu tohumu yağında çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen örneklerin γ -tokoferol içerikleri önemli düzeyde azalırken, keten tohumu yağında tokoferol içeriğinde çörek otu tohumu yağına göre daha düşük ancak istatistiksel anlamda önemli düzeyde azalama saptanmıştır ($p<0.05$). Sonuçların topluca değerlendirilmesi, yağ elde yöntemleri ve hızlandırılmış oksidasyon koşullarının çörek otu ve keten tohumu yağlarının tokoferol içeriğini önemli düzeyde etkilediğini göstermektedir ($p<0.05$).

Yağlı tohumların kalitesini ve stabilitesini etkileyen bir diğer parametre tohumların fenolik madde içerikleri ve buna bağlı olarak antioksidan aktiviteleridir. Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve

keten tohumlarının yağsız küspelerinin toplam fenolik madde içerikleri sırasıyla, 3556.25, 1372.91, 1277.08 mg GAE/g yağsız kısım ve 2004.16, 1079.16, 785.41 mg GAE/g yağsız kısım olarak bulunmuştur. Söz konusu örneklerin antioksidan aktiviteleri, DPPH sönmleme değerleri (% inhibisyon) olarak sırasıyla, % 69.66, 26.93, 5.759 ve % 34.58, 4.091, 1.198 olduğu saptanmıştır. Sonuçlar soğuk pres ile yağı alınmış çörek otu ve keten tohumu küspelerinin toplam fenolik madde içeriklerinin çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri uygulanan eşdeğerlerinden daha yüksek olduğunu ve örneklerin antioksidan aktivitelerinin toplam fenolik madde içerikleri ile paralellik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Yağların stabilitesi de kalitenin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Yağların kalitesi ve stabilitesi; % serbest asitlik, peroksit sayısı, K_{232} , K_{270} , TBARS, anisidin, malondialdehit (MAD) vb. parametrelerle ortaya konulmaktadır. % serbest asitlik yağlardaki hidrolitik parçalanmanın göstergesi olarak değerlendirilirken, peroksit sayısı, K_{232} ve K_{270} oksidasyonun birincil ürünlerini, TBARS, anisidin ve MAD değerleri oksidasyonun ikincil ürünlerinin göstergesi olarak değerlendirilmektedirler. Son yıllarda linoleik asit hidroperoksitlerin parçalanması sonucu oluşan hegzanal da oksidasyonun ikincil ürünü olarak değerlendirilmektedir (Shahidi, 1998; Abdalla ve Roozen, 1999; Brunton, 2000; Javidipour ve ark., 2017).

Keten tohumu yağının % serbest asitlik değeri çörek otu tohumu yağından oldukça düşük bulunmuştur. Bu durum, çörek otu tohumunun uygun olmayan koşullarda depolanmasından kaynaklanmış olabilir. Soğuk pres ile elde edilen çörek otu tohumu yağının % serbest asitlik değeri çözücü ekstraksiyonu ve sokselet ile elde edilen örneklerinkinden düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağlarının başlangıç % serbest asitlik değerleri, sırasıyla; % 10.28, 26.15, 23.66 ve % 1.31, 1.07, 1.67 olarak saptanmıştır. Örneklerin asitlik düzeyleri 60 °C'de 28 günlük bekletmenin sonunda dar bir aralık içerisinde değişim göstermiştir. Rafine yağların % serbest asitlik değerleri en çok % 0.3 olmalıdır. Natürel veya sızma olarak adlandırılan ve sadece zeytin yağ için geçerli olan bazı sınıflandırmalarda daha yüksek % serbest asitlik değerlerine izin verilmektedir. Bu durumda, % serbest asitlik değerleri dikkate alındığında çörek otu ve ketem tohumu yağları doğrudan tüketilmemektedirler.

Yağ oksidasyonunun birincil ürünlerini temsilen peroksit sayısı, K_{232} ve K_{270} parametreleri kullanılmaktadır. Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağlarının başlangıç peroksit değerleri sırasıyla; 145.96, 163.15, 144.89 meq O_2/kg yağ ve 3.18, 7.40, 6.11 meq O_2/kg yağ olarak saptanmıştır. % serbest asitlik değerlerinde olduğu gibi çörek otu tohumu yağının peroksit değerleri da keten tohumu yağından oldukça yüksek bulunmuştur. Hızlandırılmış oksidasyon koşullarında farklı yöntemler ile elde edilen çörek otu tohumu yağı örneklerinde peroksit değerlerinde önemli bir artıştan sonra düşüş saptanırken, keten tohumu yağı örneklerin peroksit değerlerinde önemli bir artış kaydedilmiştir. Depolama sürecinde soğuk pres ile elde edilen keten tohumu yağı örneklerinin peroksit içerikleri bütün örnekleme aralıklarında çözücü ekstraksiyonu ve sokselet ile elde edilen eşdeğerlerinden daha düşük bulunmuştur. Rafine bitkisel yağlarda peroksit sayısının en çok 10 meq O_2/kg yağ olmasına izin verilmektedir.

Çoklu doymamış yağ asitleri doğal olarak genelde izolen formdadırlar. Oksidasyon sırasında oluşan radikallerin zincir üzerinde kayması ile izolen formda olan yağ asitleri konjuge forma dönüşürler (Kayahan, 2003). Konjuge -dien ve -trien yapıdaki yağ asitlerinin sırasıyla, 232 nm ve 270 nm’de absorbands göstermelerine bağlı olarak bu parametrelerin tayini gerçekleştirilmektedir. Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağların başlangıç K_{232} değerleri sırasıyla, 14.06, 12.43, 10.12 ve 2.45, 2.64, 2.30 olarak saptanmıştır. Çörek otu tohumu yağının yüksek linoleik asit içeriğine bağlı olarak bu beklenen bir durumdur. Ancak K_{270} değerleri dikkate alındığında beklenenin aksine keten tohumu yağının konjuge -trien içerikleri çörek otu tohumu yağından daha düşük bulunmuştur. Keten tohumu yağının yüksek tokoferol içeriğine bağlı olarak konjuge -trien yapıların oluşumu belli düzeyde engellenmiş olabileceği düşünülmektedir. Hızlandırılmış oksidasyon koşullarında çörek otu tohumu yağının K_{232} ve K_{270} değerleri inişli çıkışlı bir değişim gösterirken, sürecin sonunda örneklerin çoğunda önemli artış saptanmıştır ($p<0.05$). Keten tohumu yağının K_{232} ve K_{270} içerikleri genelde düzenli artış göstermiştir ($p<0.05$).

Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu ve sokselet yöntemleri ile elde edilen çörek otu ve keten tohumu yağlarının başlangıç TBARS değerleri sırasıyla; 4.09, 2.53, 2.35 mg MAD/kg yağ ve 25.26, 30.66, 23.42 mg MAD/kg yağ olarak bulunmuştur.

Verilerden anlaşıldığı gibi çörek otu tohumu yağlarının TBARS değerleri keten tohumu yağının TBARS değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Linolenik asit içeriğine bakıldığında bu beklenen bir sonuçtur. Hızlandırılmış oksidasyon koşullarında örneklerin TBARS değerlerinde önemli düzeyde artış saptanmıştır ($p<0.05$).

Yağların oksidasyonu oldukça karmaşık reaksiyonları kapsamaktadır. Doymamış yağ asitlerinin oranı ve doymamışlık düzeyleri oksidasyonu etkileyen başlıca etmenler iken, doymamış yağ asitlerinin triaçilgliserid'deki konumu, antioksidan ve prooksidanların varlığı oksidasyonun gidişatını etkilemektedirler (Lampi ve ark., 1997). Bazı yağlarda oksidasyonun birincil ve ikincil ürünleri eş zamanlı oluşurken, bazı diğer yağlarda hidroperoksitlerin parçalanması, bu bileşenlerin derişiminin belli bir düzeye ulaştıktan sonra gerçekleşir (Guillen ve Cabo, 2002). Toplam tokoferol derişimi de tek başına bir yağın oksidasyona karşı stabilitesini belirlememekte, aynı zamanda tokoferol izomerlerin niteliği ve niceliği de önemlidir. Tokoferollerin antioksidatif etkinlikleri $\alpha<\gamma<\delta$ sıralamasını izlemektedir (Wagner ve ark., 2001).

Keten tohumu yağının oldukça yüksek düzeyde linolenik asit içeriğine rağmen çörek otu tohumu yağından daha düşük % serbest asitlik ve peroksit değerleri göstermesi keten tohumu yağının yüksek düzeyde γ -tokoferol içeriğine sahip olmasına bağlanmaktadır. Bunun aksine yüksek başlangıç α - ve γ -tokoferol içeriğine rağmen keten tohumu yağının çörek otu tohumu yağına göre daha yüksek TBARS değerine sahip olması, 28 günlük sürecin sonunda keten tohumu yağının α - ve γ -tokoferol içeriğinin oldukça düşük düzeylere inmesine bağlanmaktadır.

Görüldüğü gibi yağların oksidatif davranışları, sadece doymamışlık düzeyleri ve antioksidan içeriklerine bakılarak tahmin edilememekte, yağların oksidatif stabilitesini belirlemek için birçok parametrenin birlikte ele alınıp değerlendirilmesi gerekmektedir. Çörek otu ve keten tohumu yağlarının oksidatif stabilitelerini karşılaştırmak üzere bütün parametreler birlikte ele alındığında oksidasyonun birincil ürünleri (peroksit, K_{232} ve K_{270} değerleri) açısından keten tohumu yağının oksidatif stabilitesi oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Çörek otu tohumu yağının birincil oksidasyon parametrelerinin yüksek olması ve özellikle çörek otu yağının koyu kahverengine sahip olması nedeni ile tüketilmeden önce rafinasyona tabii tutulması gerektiği düşünülmektedir. Keten tohumu yağı ise, ikincil oksidasyon ürünlerin göstergesi olan TBARS içeriği açısından sakıncalı görülmektedir.

Sonuç olarak çörek otu ve keten tohumu yağlarına, değerli bileşimleri dikkate alınarak beslenmemizde yer vermemiz gerektiğini ancak oldukça taze tohumların kullanılmasına, özellikle çörek otu söz konusu olduğunda, koyu kahverengine sahip olması, ayrıca birincil oksidasyon parametrelerinin yüksek çıkması göz önünde bulundurularak kısmen rafinasyona maruz bırakılması gerektiği düşünülmektedir. Keten tohumunda ise oksidasyonun ikincil ürünlerinin oluşmasına imkan vermeden taze kullanılması tavsiye edilmektedir. Bunlarla birlikte çörek otu ve keten tohumlarının toplam fenolik madde içerikleri nedeniyle küspeleri ile birlikte değerlendirilmeleri gerektiği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Abdalla, A.E., Roozen, J.P., 1999. Effect of plant extract on the oxidative stability of sunflower oil and emulsion. *Food Chemistry*, **64**: 323-329.
- Anonim, 1989. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society* (Fourth Edition). Champaign, USA.
- Anonim, 1992. Determination of tocopherols and tocotrienols in vegetable oils and fats by HPLC. *AOCS Official Method* Ce 8-89.
- AOCS, 1997. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society*, 5th edn. AOCS Press, Champaign.
- AOCS, 2003. *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society*, AOCS Press Champaign.
- Aşık, F. F., 2017. Türkiye ve dünyada yağlı tohum ticareti. <http://www.dunyagida.com.tr/haber/turkiye-ve-dunyada-yagli-tohum-ticareti/7277>. Yağlı Tohum Araştırma Enstitü Müdürlüğü, Osmaniye. Erişim tarihi: 25.07.2017.
- Bae, S.H., Suh, H.J., 2007. Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. *LWT-Food Science and Technology*, **40**: 955-962.
- Bakkalbaşı, E., 2009. *Farklı Ambalaj Materyalleri ve Depo Koşullarının Ceviz İçi Bileşimine Etkisi* (Doktora tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bayrak, A., 2006. *Gıda aromaları*. Gıda Teknolojisi yayın no: 32. 497s, Ankara.
- Beata, R., Małgorzata, T., Sylwester, C., Iwona, K., 2015. Variation in the composition and oxidative stability of commercial rapeseed oils during their shelf life. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **117** (5): 673-683.
- Bozan, B. Temelli, F., 2008. Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresource Technology*, **99**: 6354-6359.
- Konuşkan, D. B., 2008. *Hatay'da Yetiştirilen Halhalı, Sarı Haşebi ve Gemlik Zeytin Çeşitlerinden Çözücü Ekstraksiyonuyla Elde Edilen Yağların Bazı Niteliklerinin Belirlenmesi ve Mekanik Yöntemle Elde Edilen Zeytinyağları İle Karşılaştırılması* (Doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, **28** (1): 25-30.
- Brunton, N., 2000. A comparison of solid-phase microextraction fibers for measurment of hexanal and pentanal in cooked turkey. *Food Chemistry*, **68**: 339-345.
- Bulca, S., 2014. Çörek otunun bileşenleri ve bu yağın ve diğer bazı uçucu yağların antioksidan olarak gıda teknolojisinde kullanımı, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **11**(2): 29-36.
- Cheikh-Rouhou, S., Besbes, S., Hentati, B., Blecker, C., Deroanne, C., Attia, H., 2007. *Nigella sativa* L.: Chemical composition and physicochemical characteristics of lipid fraction. *Food Chemistry*, **101** (2): 673-681.

- Choo, W.S., Birch, J., Dufour, J.P., 2007. Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed flaxseed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, **20** (3-4): 202-211.
- Crapiste, G. H., Brevedan M. I. V., Carelli A. A, 1999. Oxidation of sunflower oil during storage. *Journal of the American Oil Chemists Society*, **76** (12): 1437-1443.
- Çolakoğlu, M., 1969. **1966-1967 Kampanyasında Elde Edilen Türk Zeytinyağlarının Analitik Karakterleri**. E. Ü. Z. F. Yayınları, İzmir.
- Demir, C., Çetin, M., 1999. Determination of tocopherols, fatty acids and oxidative stability of pecan, walnut and sunflower oils. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, **95** (7): 278-282.
- Dudonné, S., Vitrac, X., Coutiere, P., Woillez, M., Mérillon, J. M., 2009. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **57** (5): 1768-1774.
- Ekici, L., Sağdıç, O., Dedebaş, T., 2018. **Ülkemizde Yaygın Olarak Yetiştirilen Ticari Değere Sahip Tohum Yağlarının Depolama Stabilitelerinin Belirlenmesi**, Normal Araştırma Projesi, Proje No: FBA-2014-5389. Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- El-Tahir, K.E.D.H, Bakeet D.M., 2006. The black seed *Nigella sativa* linnaeus-. A Mine for multi cures: A plea for urgent clinical evaluation of its volatile oil. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, **1**: 1-19.
- Fiori, L., 2007. Grape seed oil supercritical extraction kinetic and solubility data: Critical approach and modeling. *The Journal of Supercritical Fluids*, **43**: 43-54.
- Gallina, T., Panfilis, F., Lercker, G., 1997. Valutazione della qualita di oli di semi, spremuti a freddo, presenti sul mercato. *Industria Alimentari*, **36**: 983-989.
- Gecgel, U., Demirci, A.S., Dulger, G.C., Gecgel, U., Tasan, M., Arici, M., Ay, O., 2016. Some physicochemical properties, fatty acid composition and antimicrobial characteristics of different cold-pressed oils. *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, **92** (3): 187–200.
- Gharby, S., Harhar, H., Guillaume, D., Roudani, A., Boulbaroud, S., İbrahimi, M., Ahmad, M., Sultana, S., Hadda, T. B., Moussaoui, I. C., Charrouf, Z., 2013. Chemical investigation of *nigella sativa* L. seed oil produced in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, **14**: 172-177.
- Guillen, M. D., Cabo, N., 2002. Fourier transform infrared spectra data versus peroxide and anisidine values to determine stability of edible oils. *Food Chemistry*, **77**: 503-510.
- Güler, G., 2009. **Soğuk Presyon ve Kimyasal Rafinasyon Yöntemleri ile Üretilen Kanola Yağlarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması** (Yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- IUPAC, 1991. Preparation of the fatty acid methylesters (method no. 2.301). *In Standard Methods for Analysis of Oils, Fats and Derivatives* (7th ed). Blackwell Scientific Publications, Oxford, Great Britain.
- İmer, Y., 2016. **Çeşitli Soğuk Pres Yağlarının Bazı Mikro ve Makro Element İçeriklerinin Belirlenmesi** (Yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

- İşleroğlu, H., Yıldırım Z., Yıldırım M., 2005. Fonksiyonel bir gıda olarak keten tohumu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (2):23-30.
- Jardine, D., Antolovich, M., Prenzler, P. D., and Robards, K., 2002. Liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS) investigation of the thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) reaction. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50 (6), 1720-1724.
- Javidipour, I., Erinc, H., Baştürk, A., Tekin, A., 2017. Oxidative changes in hazelnut, olive, soybean, and sunflower oils during microwave heating. *International Journal of Food Properties*, 20: (7) 1582-1592.
- Karabaş, H., 2013. *Soğuk Pres ve Solvent Ekstraksiyon Teknikleri ile Üretilen Aspir Yağı ve Aspir Biyodizellerinin Yağ ve Yakıt Özelliklerinin İncelenmesi*. 28. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi 4-6 Eylül Konya.
- Karakuş, M., 2008. *Bazı Zeytin Çeşitlerinden Elde Edilen Yağların Oksidatif Stabilitelerinin Araştırılması* (Yüksek lisans tezi, basılmamış). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kayahan, M., 2003. *Yağ Kimyası*. ODTÜ Gelişme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları. 105-106, 220.
- Khoddami, A., Ghazali, H. M., Yassoralipour, A., Ramakrishnan, Y., Ganjloo, A., 2011. Physicochemical characteristics of nigella seed (*Nigella sativa* L.) oil as affected by different extraction methods. *Journal of American Oil Chemists Society*, 88: 533-540.
- Kıralan, M., 2006. *Ayçiçeği Yağının Oksidatif Stabilitesi Üzerine Isırgan (Urtica dioica L.), Keten (Linum usitatissimum L.), Kışniş (Coriandrum sativum L.) ve Çörekotu (Nigella sativa L.) Tohum Ekstraktlarının Etkileri* (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kıralan, M., Özkan, G., Bayrak, A., Ramadan, M. F., 2014. Physicochemical properties and stability of black cumin seed oil as affected by different extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 57: 52-58.
- Kıralan, M., Ulas, M., Özaydın, A. G., Ozdemir, N., Özkan, G., Bayrak, A., 2016. Changes in hexanal, thymoquinone and tocopherols levels in blends from sunflower and black cumin oils as affected by storage at room temperature. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 93: 229-236.
- Kıralan, S.S., Kıralan, M., 2017. Soğuk pres ayçiçeği yağının farklı depolama koşullarındaki oksidatif stabilitesi. *Akademik Gıda*, 15 (2): 155-62.
- Kıralan, M., Çalik, G., Kıralan, S., Ramadan, M. F., 2018. Monitoring stability and volatile oxidation compounds of cold pressed flax seed, grape seed and black cumin seed oils upon photo-oxidation. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12: 616-621.
- Kırca, D., 2019. *Farklı Sıcaklık Uygulanan Üzüm Çekirdeği Yağlarının Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Kökdil, G., Yılmaz, H., 2005. Analysis of the fixed oils of the genus *Nigella* L. (Ranunculaceae) in Turkey. *Biochemical Systematics and Ecology*, 33: 1203-1209.
- Labuza, T.P., 1971. Kinetics of Lipid Oxidation in Foods. *Critical Reviews in Food Technology*, 2: 355-405.

- Lukaszewicz, M., Szopa, J., Krasowska, A., 2004. Susceptibility of lipids from different flax cultivars to peroxidation and its lowering by added antioxidants. *Food Chemistry*, **88**: 225-231.
- Matthaus, B., Brühl, L., 2003. Quality of cold-pressed edible rapeseed oil in Germany. *Nahrung/Food*, **47** (6): 413-419.
- Matthaus, B., ve Özcan, M. M., 2011. Fatty acids, tocopherol and sterol contents of some nigella species seed oil. *Czech Journal of Food Sciences*, **29**: 145-150.
- Menounos, P., Staphylakis, K. and Gegiou, D., 1986. The sterol of *Nigella sativa* seed oil. *Phytochemistry*, **25** (3): 761-763.
- Naz, S., Sheikh, H., Siddiqi, R., Sayeed, S.A., 2004. Oxidative stability of olive, corn and soybean oil under different conditions. *Food Chemistry*, **88**: 253-259.
- Nergiz, C. ve Ötles, S., 1993. Chemical composition of *Nigella sativa* L. seeds. *Food Chemistry*, **48**, 259-261.
- Nielsen, S. S., 2010. *Food Analysis*. Springer, New York, USA. 550.
- Ramadan, M. F. and Mörsel, J. T., 2002. Characterization of phospholipid composition of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed oil. *Nahrung*, **46**; 240-244.
- Ramadan, M.F., Wahdan, K. M. M., 2011. Blending of corn oil with black cumin (*Nigella sativa*) and coriander (*Coriandrum sativum*) seed oils: Impact on functionality, stability and radical scavenging activity. *Food Chemistry*, **132**: 873-879.
- Sevindik, O., Selli, S., 2016. Üzüm çekirdek yağı eldesinde kullanılan ekstraksiyon yöntemleri. *Gıda/The Journal of Food*, **42** (1): 95-103.
- Siger, A., Nogala-Kalucka, M., Lampart-Szczapa, E., 2008. The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils. *Journal of Food Lipids*, **15** (2): 137-149.
- Sözer, B., 2013. *Yağ+Yağ Asidi+Çözücü Sisteminin Sıvı-Sıvı Faz Dengelerinde Kısmi Gliseridlerin Etkisi* (Yüksek lisans tezi, basılmamış). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sultan, M. T., Butt, M. S., Anjum, F. M., Jamil, A., Akhtar, S., Nasir, M., 2009. Nutritional profile of indigenous cultivar of black cumin seeds and antioxidant potential of its fixed and essential oil. *Pakistan Journal of Botanic*, **4**: 1321-1330.
- Szterk, A., Roszko, M., Sosinska, E., Derewiaka, D., Lewicki, P.P., 2010. Chemical composition and oxidative stability of selected plant oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **87** (6): 637-645.
- Şeran, E. B., 2011. *Yağlı Tohumlara Uygulanan Ultrasonik Destekli Ön İşlem ile Soğuk Pres Yağlarında Verim ve Kalitenin Arttırılması* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taoukis, P., ve Labuza, T. P., 1996. Summary: integrative concepts. *Food chemistry*, edited by Owen R. Fennema 3.rd edition, 1013-1042.
- Teh, S.S., Birch, J., 2013. Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed hemp, flax and canola seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, **30** (1): 26-31.
- Tontul, İ., 2011. *Keten Tohumu Yağının Püskürtülerek Kurutmayla Mikroenkapsülasyonu Üzerine Farklı Taşıyıcı Madde ve Emülsiyon Uygulamalarının Etkilerinin Araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

- Türker, L., 1996. **Çörek Otu (*Nigella sativa* L.)'nın Sabit ve Uçucu Yağ Kompozisyonunun Araştırılması** (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uluata, S., 2016. Effect of extraction method on biochemical properties and oxidative stability of apricot seed oil. **Akademik Gıda**, **14** (4): 333-340.
- Üstun, G., Kent, L., Çekin, N., Civelekoğlu H., 1990. Investigation of the technological properties of *Nigella sativa* (black cumin) seed oil. **Journal of American Oil Chemists Society**, **67**: 958-959.
- Üstün, Z., 2015. **Soğuk Pres Çörek Otu Tohumu Yağının Fizikokimyasal Özelliklerinin Korunması ve Katma Değerli Ürün Tasarımı** (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Van Hoed, V., Barbouche, I., De Clercq, N., Dewettinck, K., Slah, M., Leber, E., Verhé, R., 2011. Influence of filtering of cold pressed berry seed oils on their antioxidant profile and quality characteristics. **Food Chemistry**, **127** (4): 1848-1855.
- Van Ruth, S. M., Shaker, E. M., Morrissey, P. A., 2001. Influence of methanolic extracts of soybean seeds and soybean oil on lipid oxidation in linseed oil. **Food Chemistry**, **75**: 177-184.
- Wagner, K. H., Wotruba, F., Elmadfa, I., 2001. Antioxidative potential of tocotrienols and tocopherols in coconut fat at different oxidation temperatures. **European Journal of Lipid Science and Technology**, **103**: 746-751.
- Wakjira, A., Labuschagne, M. T., Hugo, A., 2004. Variability in oil content and fatty acid composition of Ethiopian and introduced cultivars of linseed. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **84**: 601-607.
- Wan, P. J., 1995. **Accelerated Stability Methods**. In: Methods to Access Quality and Stability of Oils and FatContaining Foods. K. Warner & N. A. E. Michael, Eds., AOCS Publishing, USA.
- Yetim, H., Kesmen, Z., 2009. **Gıda Analizleri**. Erciyes Üniversitesi Yayınları No: 163. Erciyes Üniversitesi Matbaası, Kayseri, 346.
- Yılmaz, A., 2019. **Keten Tohumu Yağının Oksidatif Stabilesinin Mikroemülsif Polar Antioksidanlarla Arttırılması** (Yüksek lisans tezi). İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Yılmaz, S.A.K., 2012. **Türkiye Piyasasında Bulunan Keten Tohumu Yağlarının Kalite Standartlarının Belirlenmesi** (Bitirme ödevi). Erciyes Üniversitesi, Farmakognozi Anabilim Dalı.



ÖZ GEÇMİŞ

1993 yılında Van’da doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Van’da tamamladı. 2012 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü’ne başladı. 2017 Eylül ayında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yağ Teknolojisi alanında yüksek lisans öğrenimine başladı.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 18/08/2020

Tez Başlığı / Konusu: SOĞUK PRES VE ÇÖZÜCÜ EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİNİN ÇÖREK OTU VE KETEN TOHUMU YAĞLARININ BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 51 sayfalık kısmına ilişkin, 20/07/2020 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 3 (Üç) tür.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Kübra SADIKSOY TUNÇAY
18/08/2020

Adı Soyadı: Kübra SADIKSOY TUNÇAY

Öğrenci No: 17910001017.....

Anabilim Dalı: Gıda Mühendisliği.....

Programı: Gıda Mühendisliği.....

Statüsü: Y. Lisans ☐

Doktora ☐

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR
Prof. Dr. İsa CAVDİOĞLU