SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ

T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAM VE FARKLI SICAKLIKLARDA KAVRULMUŞ KETEN TOHUMU YAĞININ BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ VE FİTOKİMYASAL BİLEŞİMLERİ ÜZERİNE FARKLI YAĞ EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİNİN ETKİSİ

Zeliha DEĞERLİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalını

Haziran-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Zeliha DEĞERLİ tarafından hazırlanan "**Ham ve Farklı Sıcaklıklarda Kavrulmuş Keten Tohumu Yağının Biyoaktif Özellikleri ve Fitokimyasal Bileşimleri Üzerine Farklı Yağ Ekstraksiyon Yöntemlerinin Etkisi**" adlı tez çalışması 16/06/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Prof. Dr. Mustafa KARAKAYA	……..
Danışman Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN	……..
Üye Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU	……..

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması S.Ü. BAP tarafından 19201108 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

Zeliha DEĞERLİ

16.06.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAM VE FARKLI SICAKLIKLARDA KAVRULMUŞ KETEN TOHUMU YAĞININ BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ VE FİTOKİMYASAL BİLEŞİMLERİ ÜZERİNE FARKLI YAĞ EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİNİN ETKİSİ

Zeliha DEĞERLİ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN

2021, 46 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN
Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU
Prof. Dr. Mustafa KARAKAYA

Bu çalışmada; ham ve farklı sıcaklıklarda (90°C ve 120°C, 1 saat) kavrulmuş keten tohumlarından 3 farklı yağ ekstraksiyon yöntemi (soğuk pres, solvent ekstraksiyon ve ultrasonik ekstraksiyon) ile elde edilen yağların viskozite, serbest asitlik değeri, peroksit değeri, karotenoid, toplam fenol, flavonoid, antioksidan, fenolik bileşen ve yağ asidi profili belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sıcaklık artışı ile birlikte nem içeriğinde düşüş saptanmış olup, en düşük değerin %2.65 ile 120°C'de kavrulan örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Keten tohumu örneklerinin en yüksek karotenoid içeriği 0.61 mg/g, toplam fenol miktarı 225.69 mg/100g, flavonoid içeriği 786.00 mg/100g ve antioksidan aktivite değeri %68.64 ile 120°C'de kavrulmuş örneklere ait olduğu belirlenmiştir. Kavurma işlemi ve yağ ekstraksiyon yöntemlerinin viskozite ve peroksit değerleri üzerine önemli farklılıklar meydana getirdiği gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Buna ilaveten kavurma işlemi ile yağ veriminde olumlu artışların olduğu belirlenmiştir. Yağ verimi %34.07-42.57 düzeyinde olup istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Keten tohumu yağı örneklerinin viskozite, serbest yağ asitliği ve peroksit değerleri sırasıyla; 31.95-36.00 m.Pas, %0.95-1.62 ve 1.50-9.00 meq O_2/kg arasında değişkenlik göstermektedir. En yüksek serbest asitlik miktarı %1.62 ile solvent ekstraksiyonla elde edilmiş kontrol örneklerinde gözlemlenirken, en yüksek peroksit miktarı ise 9.00 meq O_2/kg olup yine solvent ekstraksiyonla elde edilen 120°C'de kavrulmuş örneklerde tespit edilmiştir. Keten tohumu örneklerinin majör fenolik bileşenleri sırasıyla; isorhamnetin (38.78-39.29 mg/100g), resveratrol (24.01-25.66 mg/100g), kuersetin (8.94-19.87 mg/100g), kateşin (9.06-17.54 mg/100g), apigenin-7-glukozit (1.99-12.71 mg/100g), kamferol (7.26-9.55 mg/100g) ve 1,2-dihidroksibenzen (4.75-9.41 mg/100g) olarak tespit edilmiştir. Yağ asidi kompozisyonuna bakıldığında ise linolenik (%55.27-58.23), oleik (%17.40-18.91), linoleik (%14.03-14.84), palmitik (%4.97-5.37) ve stearik (%3.54-3.81) asit gibi özellikle doymamış yağ asitleri açısından zengin bir kaynak olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoaktif bileşen, fenolik bileşen, fiziko-kimyasal özellik, ısıl işlem, keten tohumu, soğuk pres yağ, yağ asidi

ABSTRACT

MS THESIS

EFFECT OF DIFFERENT OIL EXTRACTION METHODS ON BIOACTIVE PROPERTIES AND PHYTOCHEMICAL COMPOSITIONS OF RAW AND ROASTED FLAXSEED OIL AT DIFFERENT TEMPERATURES

Zeliha DEĞERLİ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN FOOD ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN

2021, 46 Pages

Jury
Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN
Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU
Prof. Dr. Mustafa KARAKAYA

In this study; the viscosity, free acidity value, peroxide value, carotenoid, total phenol, flavonoid, antioxidant, phenolic component and fatty acid profile of oils obtained by 3 different oil extraction methods (cold press, solvent extraction and ultrasonic extraction) of raw and roasted at different temperatures (90°C and 120°C, 1 hour) flaxseeds were determined. According to the results, a decrease in moisture content was detected with increase in temperature and the lowest value was found to be 2.65% in samples roasted at 120°C. It was determined that flaxseed samples had the highest carotenoid content of 0.61 mg/g, total phenol content 225.69 mg/100g, flavonoid content 786.00 mg/100g and antioxidant activity value 68.64%, which were roasted at 120°C. In addition, it was determined that there were positive increase in oil yield with roasting process. Oil yield was 34.07-42.57% and was found to be statistically significant ($p<0.05$). It was observed that roasting and oil extraction methods made significant differences on viscosity and peroxide values ($p<0.05$). Viscosity, free fatty acidity and peroxide values of flaxseed oil samples, respectively; it ranged from 31.95-36.00 m.Pas, 0.95-1.62%, and 1.50-9.00 meq O_2/kg. The highest amount of free acidity was observed with 1.62% in control samples obtained by solvent extraction, while the highest peroxide amount was 9.00 meq O_2/kg and was determined in samples roasted at 120°C obtained by solvent extraction. The major phenolic components of flaxseed samples were determined as isorhamnetin (38.78-39.29 mg/100g), resveratrol (24.01-25.66 mg/100g), quercetin (8.94-19.87 mg/100g), catechin (9.06-17.54 mg/100g), apigenin-7-glucoside (1.99-12.71 mg/100g), campherol (7.26-9.55 mg/100g) and 1,2-dihydroxybenzene (4.75-9.41 mg/100g), respectively. When examined in fatty acid composition such as linolenic (55.27-58.23%), oleic (17.40-18.91%), linoleic (14.03-14.84%), palmitic (4.97-5.37%) and stearic (3.54-3.81%) acids, it is observed that a rich source of particularly unsaturated fatty acids.

Keywords: Bioactive ingredient, cold press oil, fatty acid, flaxseed, heat treatment, phenolic component, physico-chemical property

ÖNSÖZ

Konu seçimimde ve tez çalışmalarımda her zaman tüm samimiyetiyle yardımcı olan, engin bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN'a ve lisans eğitimimden itibaren her zaman desteğini hissettiğim, verdiği değerli bilgiler sayesinde laboratuvar alanında yetişmemi sağlayan kıymetli hocam Dr. Nurhan USLU'ya içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan sevgili arkadaşlarım Fadimana MOTUK, Ayşe Nur ERDEM ve Nazife Sultan EFE'ye; eğitim hayatım boyunca sevgilerini, maddi ve manevi her türlü desteğini esirgemeyen en büyük destekçim olan annem Mukaddes DEĞERLİ, babam Ender DEĞERLİ, kardeşlerim Ebru DEĞERLİ ve Esra DEĞERLİ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Zeliha DEĞERLİ
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **viii**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **6**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **13**

3.1. Materyal 13
3.2. Yöntem 13
3.2.1. Örnek hazırlama 13
3.2.2. Yağ ekstraksiyonu 14
3.2.3. Ekstrakt çıkarma 16
3.2.4. Nem tayini 17
3.2.5. Viskozite tayini 17
3.2.6. Serbest yağ asidi tayini 17
3.2.7. Peroksit tayini 17
3.2.8. Karotenoid tayini 18
3.2.9. Toplam fenol içeriği 18
3.2.10. Flavonoid içeriği 18
3.2.11. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi 19
3.2.12. Fenolik bileşen tayini 19
3.2.13. Yağ asidi kompozisyonu 19
3.2.14. İstatistiksel analizler 20

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **21**

4.1. Keten Tohumunun Nem, Karotenoid, Toplam Fenol, Flavonoid ve Antioksidan Aktivite Analiz Sonuçları 21
4.2. Keten Tohumu Yağ Verimi Sonuçları 24
4.3. Keten Tohumu Yağının Viskozite, Serbest Yağ Asitleri ve Peroksit Sayısı Sonuçları 25
4.4. Keten Tohumunun Fenolik Bileşen Sonuçları 29
4.5. Keten Tohumu Yağının Yağ Asidi Bileşimi 32

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **37**

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

% : Yüzde

°C : Santigrat derece

µg : Mikrogram

µl : Mikrolitre

µm : Mikrometre

cm : Santimetre

dk : Dakika

g : Gram

hz : Hertz

kg : Kilogram

L : Litre

m.Pas : Milipaskal saniye

meq : Miliekivalen

mg : Miligram

ml : Mililitre

mm : Milimetre

N : Normalite

nm : Nanometre

rpm : Revolutions per minute (Dakikadaki devir sayısı)

W : Watt

α : Alfa

β : Beta

γ : Gama

δ : Delta

Kısaltmalar

ALA : α-linolenik asit

$AlCl_3$: Alüminyum klorür

Cu : Bakır

DHA : Dokosahekzanoik asit

DPPH : 2,2-Difenil-1-pikrazil

EPA : Eikosapentaenoik asit

Fe : Demir

GAE : Gallik asit eşdeğeri

H_2O : Su

HCl : Hidroklorik asit

KI : Potasyum iyodür

KOH : Potasyum hidroksit

LA : Linoleik asit

M.Ö. : Milattan önce

M.S. : Milattan sonra

MeOH : Metanol

Mg : Magnezyum

N_2 : Azot

n-3 : Omega-3

Na_2CO_3 : Sodyum karbonat

$Na_2S_2O_3$: Sodyum tiyosülfat

$NaNO_2$: Sodyum nitrit

NaOH : Sodyum hidroksit

O_2 : Oksijen

OA : Oleik asit

SDG : Sekoisolarisiresinol diglukozid

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

Zn : Çinko

1. GİRİŞ

Keten bitkisi Geraniales takımı, Linaceae familyasının *Linum* cinsinin *Linum usitatissimum* türüne ait bir kültür bitkisidir (Coşkuner ve Karababa, 2007). *L. usitatissimum* latincede 'çok faydalı' manasına gelmektedir (Blumenthal ve ark., 2000). Bugün kültürü yapılmakta olan keten çeşitlerinden tek ekonomik öneme sahip olan tür, *Linum usitatissimum L.*'dir. Diğer *Linum* türleri ise, ekonomik öneme sahip değildirler (Hector, 1936).

Keten (*Linum usitatissimum*), 30-100 cm boyunda, grimsi yeşil yapraklı, parlak mavi veya beyaz çiçekli ve tek yıllık bir bitkidir. Tohumları, 4-6 mm uzunlukta susam tanesinden daha iri olup, yumurta biçiminde, yassı, kokusuz, yağlı ve lezzetlidir. Tane halindeki keten tohumu yumuşak bir kırılganlığa, pürüzsüz ve parlak bir kabuk yüzeyine sahiptir. Renk değişimi, kabuktaki renk pigmentlerinin içeriğine göre kırmızımsı kahverengiden açık sarıya doğru farklılık gösterebilir (Cunnane ve Thompson, 1995; Oomah ve Mazza, 1997; Mazza, 1998; Coşkuner ve Karababa, 2007).

Lif ve yağ eldesi için ekilen keten bitkisinin fiziksel özellikleri değişiklik göstermekte olup, lif amaçlı ekimi yapılan keten bitkisi daha uzun boylu ve dallanmaları bitkinin üst kısımlarındayken, yağlık keten bitkisi ise daha kısa boylu ve dallanmaları alt kısımlarda olmaktadır (Coşkuner ve Karababa, 2007). Lif için ekimi yapılanlar kıyı bölgelere, yağlık keten bitkisi ise sıcak ve kurak bölgelere kolay adapte olmuştur (Kurt ve ark., 2006).

Ketenin insanlar tarafından kullanılması tarımın başlangıcına dayanmaktadır. Keten bitkisi, Mısırlılardan beri tarımı yapılan ve günümüzde de varlığını sürdüren yaklaşık M.Ö. 5000 yıllık geçmişe sahip bir tarım ürünüdür (Kislev ve ark., 2011). Akdeniz'in batısından Hindistan'a kadar uzanan coğrafyada ekimi yapılan ve çeşitli amaçlarla kullanılan bir bitkidir.

Ketenin tarihçesine bakıldığında ketenden hem gıda olarak hem de tekstil hammaddesi olarak yararlanıldığı görülmüştür. Eski Mısır ve Babil'de keten liflerinden giysi yapımında faydalanıldığı ve Eski Mısır piramitlerinde mumyaların keten bezleri ile sarılı oldukları kayıtlıdır. Ürdün ve Yunanistan'da tohumundan ekmek yapıldığına dair bilgiler bazı kaynaklarda geçmektedir. İsviçre'de yapılan bir kazı çalışması

sonucunda Taş Devri'nden kalma keten örneklerine ulaşılmıştır (Muir ve Westcott, 2003; Madhusudhan, 2009; Kandel ve Graves, 2015).

Hipokrat, keten tohumunun karın ağrılarını dindirmek amacıyla kullanıldığını belirtmektedir. Aynı döneme ait kayıtlarda Theophrastus keten tohumundan öksürük tedavisinde yararlanıldığını belirtmektedir (Ötleş ve Pire, 2000). M.S. 1. yüzyılda Tacitus, ketenin hem bitki olarak hem de gıda olarak kullanıldığını bildirmekte ve sağlık üzerine önemli etkileri olduğunu vurgulamaktadır. M.S. 8. yüzyılda Charlemagne, yasal düzenlemeler yaparak keten tohumunun yetiştirilmesini, tüketilmesini ve tüm Avrupa'da kullanımını yaygınlaştırmıştır. 15. yüzyılda Hildegard von Binden, keteni vücut ağrılarını yatıştırmak için sıcak kompres malzemesi olarak kullanmıştır (Erasmus, 1986; Gökbulut, 2009; Madhusudhan, 2009).

1900'lü yıllara gelindiğinde fonksiyonel bir gıda olarak keten tohumuna olan ilgi dikkat çekmiştir. Tıbbi kullanımının yanında gıda olarak tüketimi artmış, özellikle ekmek, bisküvi ve kraker gibi unlu mamül ürünlerinde, şekerlemelerde, meyve sularında, süt ürünlerinde vb. alanlarda kullanımı yaygınlaşmıştır (Muir ve Westcott, 2003; Gökbulut, 2009).

Günümüzde ise 17. yüzyılda Kanada'da yetiştirilmeye başlanan keten tohumunun bugün dünyadaki ana üreticisi yine Kanada'dır (Carter, 1993; Chen ve ark., 1994). Keten tohumu üretimi yapan diğer ülkeler Çin, Rusya, Kazakistan, ABD, Hindistan, Etiyopya, Ukrayna ve Fransa'dır (Anonim, 2012). Türkiye'de en fazla Marmara ve Batı Karadeniz bölgesinde keten tarımı yapılmaktadır (Elçi, 1994). Dünyada keten üretiminde Türkiye önemli bir paya sahip değildir. TÜİK verilerine göre 2017 yılında keten üretiminin sadece 1 ton olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2017).

Keten tohumun sıkılması ile elde edilen yağ "bezir yağı", kalan küspe ise "kopdun, ködün" veya "köftün" olarak adlandırıldığı rapor edilmiştir (Baytop, 1994). Çizelge 1.1.'de *L. usitatissimum* bitkisine Türkiye'de verilen isimler sunulmuştur.

Çizelge 1.1. *L. usitatissimum* bitkisine Türkiye'de verilen isimler

Yerel Adı	**Yöre**	**Kaynak**
Bızıktan	Diyarbakır	(Baytop, 1994)
Cimit	Çankırı (Çerkeş)	(Ezer ve Avcı, 2004)
Keten	Trabzon Zonguldak, Karabük	(Tuzlacı, 2006) (Yeşilada ve ark., 1999)
Kirbas	-	(Baytop, 1999)
Sağrek	Tokat	(Fujita ve ark., 1995)
Sevelek	Karaman	(Yeşilada ve ark., 1995)
Siyelek	-	(Baytop, 1999)
Zeyrek	Ankara, Niğde Çankırı (Çerkeş) -	(Sezik ve ark., 2001) (Ezer ve Avcı, 2004) (Baytop, 1999)

Keten tohumundan lif ve yağ elde edilmesi dışında, bütün unlu mamül ürünlerine (ekmek, gözleme vs.) %6-8 oranında buğday ununa katıldığında ceviz tadı verdiği belirtilmektedir. Ayrıca keten tohumu hazır kahvaltılıklar (cornflakes vb.), salata sosları, bisküvi, kraker, kek ve çorba gibi birçok üründe katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Kurt, 1996).

Keten tohumu, yüksek oranda yağ içeriğine sahip olması ile yemeklik ve yemeklik olmayan endüstriyel yağ üretiminde kullanılmaktadır. Ancak yemeklik yağ olarak geniş bir kullanım alanına sahip değildir. Bezir yağı adı ile de bilinen keten yağının; iyot sayısı 180 civarında olup, çabuk kuruyan bir özelliğe sahip olduğu için başta boya sanayi olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır (John, 1992; Carter, 1993). Çabuk kuruyan özelliği nedeniyle yemeklik amaçla kullanımının yanı sıra özellikle bitkisel yağ, yağ püresi ve reçine üretiminde, boya sektöründe, vernik, cila, muşamba, matbaa mürekkebi, sabun, rugan, deri ve yağmurlukların yapımında da kullanılır (Schuster, 1992). Bununla birlikte son yıllarda beton yapıların dayanıklılığını arttıran ve koruyan, yüzey çatlama ve aşınımına engel olan bir katkı maddesinin imalinde de kullanılmaktadır (Anonim, 1998).

Son yıllarda artan bilinç düzeyine bağlı olarak sağlıklı ve kaliteli bir yaşam sürme arzusu, insanları yeni beslenme alışkanlıklarına yöneltmiştir. Bilim ve teknolojideki gelişmelerle birlikte yeni bileşenlerin keşfi, bunların sağlıkla

ilişkilendirilmesi ve tüketicilerin yeni ürünlere gösterdikleri ilgiden dolayı fonksiyonel gıdalara olan yönelim gün geçtikçe artmaktadır.

Fonksiyonel gıdalar, vücudun temel besin maddeleri ihtiyaçlarını karşılamanın yanında insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerine olumlu etkileri olan, aynı zamanda hastalıklardan korunmada ve daha sağlıklı bir yaşama erişmede katkı sağlayan gıdalar veya gıda bileşenleri olarak tanımlanmaktadır (Berner ve O'Donnell, 1998; Korthals, 2002).

Bu bilgiler ışığında, sağlık açısından pek çok yararı olduğu bilinen ve içerdiği makro ve mikro bileşenler sayesinde fonksiyonel gıda olarak kabul edilen keten tohumunun önemi giderek artmaktadır.

Keten tohumu; yağ (%30-45), protein (%20-25), müsilaj madde (%20-28), α-linolenik asit (ALA; omega-3), linoleik asit (LA; omega-6) ve oleik asit (OA; omega-9), lignan (SDG), bol miktarda potasyum, az miktarda Mg, Fe, Cu, Zn gibi mineral maddeler yanında başta A (β-karoten) ve E vitamini olmak üzere çeşitli vitaminleri de içerir (Hasler, 2000; Oomah ve Mazza, 2000).

Amerikan Ulusal Kanser Enstitüsü tarafından keten, kanser önleyici gıdalar arasına alınıp üzerinde çalışmaların öngörüldüğü 6 bitkisel materyalden birisi olarak kabul edilmiştir. Keten tohumunun fonksiyonel gıda olarak kabul edilmesinde, içeriğindeki özel bileşenleri sayesinde bazı kanser çeşitlerine ve kardiyovasküler hastalıklara yakalanma riskini azaltıcı etkiye sahip olmasının payı büyüktür (Adlercreutz ve ark., 1992; Bougnoux ve Chajes, 2003; Saarinen ve ark., 2003).

Kavurma, yağlı meyve ve tohumlara uygulanan bir ön işlemdir. Yağlı meyve ve tohumlarda bulunan hücre içindeki yağ damlacıklarını hücre dışına alabilmek ve akıcı hale getirebilmek için ısıl işlem uygulanması gerekir (Başoğlu, 2006). Kavurma işlemi uygulamanın iki temel amacı vardır. Birincisi, kavurma ile tohumdaki proteinlerin pıhtılaşarak yağ damlacıklarının birleşip toplanması ve bitkisel dokudaki yağın daha etkin ve kolay bir biçimde alınmasının sağlanmasıdır. İkincisi ise tohumun katı yüzeyine yağın ilgisini azaltarak yağ veriminin arttırılmasıdır (Nas ve ark., 2001). Kavurma işlemi renk, lezzet ve aroma özelliklerini önemli derecede geliştirmektedir. Kavrulmuş keten tohumundan elde edilen yağlarda hoşa giden fındığımsı/cevizimsi bir tat oluşumu tespit edilmiştir (Hall III ve ark., 2006). Kavurma işleminin yağlı

tohumların yağ verimi, kalitesi ve fenolik madde içeriği üzerinde önemli etkileri vardır. Ayrıca kavurmanın pozitif bir etkisi olarak melanoidinler gibi, Maillard reaksiyon ürünlerinin oluşumundan söz edilebilir. Melanoidinler, belirgin antioksidan özelliklerinden dolayı ransiditenin gecikmesine katkı sağlamaktadır. Ek olarak kavurma işlemi sonucu yağlı tohumların su aktivitesi düşürülerek raf ömrünün uzatılmasına katkıda bulunulmaktadır (Susheela, 2000; Lee ve Lee, 2009).

Bu çalışmanın amacı, ham ve kavrulmuş keten tohumu ve bu tohumların üzerine uygulanan soğuk pres, solvent ekstraksiyon ve ultrasonik ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen keten tohumu yağlarının viskozite, serbest asitlik değeri, peroksit değeri, karotenoid, toplam fenol, flavonoid, antioksidan, fenolik bileşen ve yağ asidi kompozisyonu üzerine farklı yağ ekstraksiyon yöntemlerinin etkilerini belirlemektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Keten tohumu; diğer yağlı tohumlarda olduğu gibi yüksek yağ içeriğine ve üstün bir yağ asidi profiline sahiptir. Keten tohumunun yağ içeriği %30-45 arasında değişmektedir. Keten tohumu yağı, yağ asitlerinin yaklaşık %55'ini oluşturan ve en yüksek omega-3 (n-3) yağ asidi içeriğine sahip olan α-linolenik asidin (ALA) en zengin kaynaklarından birisidir. Kanada'da yetiştirilen keten tohumları; %3 stearik, %5 palmitik, %15 linoleik, %17 oleik ve %59 α-linolenik asit içermektedir. Keten tohumunun yağ içeriği ve kalitesi; türe ve genetik faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ayrıca sıcaklık, toprak koşulları, kültürel uygulamalar ve bitki hastalıkları gibi çevresel faktörler de yağ içeriği ve kalitesini etkilemektedir. Yağ asidi kompozisyonunda en fazla değişkenlik gösteren yağ asitleri; linoleik (%3-21), oleik (%14-60) ve linolenik asittir (%31-72) (Mazza, 1998; Bloedon ve Szapary, 2004).

Keten tohumunun soğuk pres ile elde edilen yağı %50 seviyesinde omega-3 yağ asidi içerdiğinden, keten tohumu dikkatleri üzerine çekmeye başlamıştır (de Lorgeril ve ark., 1994). Omega-3 yağ asitleri, n-3 pozisyonunda çift bağ içeren doymamış yağ asitlerindendir. Birden fazla çift bağdan ilki, molekülün metil ucundan başlayarak üçüncü karbon atomuna yerleşmiş haldedir (Eseceli ve ark., 2006). Omega-3-6-9 yağ asitleri esansiyel yağ asitleri olup insan vücudu tarafından sentezlenemedikleri için dışardan diyete ilave edilerek alınması gerekir. Omega-3 yağ asitleri; linolenik asit, eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosahekzanoik asit (DHA) olmak üzere 3 ana gruba ayrılır ve beslenme açısından önemlidir (Korthals, 2002). ALA, EPA ve DHA; beyin ve retinanın ilk gelişiminde elzemdir (Wiesenfeld ve ark., 2003; Eseceli ve ark., 2006).

Keten tohumu yağına en yakın ALA içeriğine sahip kanola yağı olmasına rağmen, keten tohumu yağı oransal olarak 5.5 kat daha fazla ALA içermektedir (Bloedon ve Szapary, 2004).

Keten tohumu yağı yüzyıllardır Hindistan, Çin ve Avrupa'da tüketilmesine karşın çoğu batı ülkelerinde hızlı okside olabilmesinden dolayı yenmeyen bir yağ olarak görülmektedir ve GRAS (genel olarak güvenilir kabul edilir) statüsüne sahip değildir. Bu nedenle hem stabilitesini hem de salata ve yemeklik yağlar arasındaki rekabeti artırmak üzere linolenik asit içeriğini %3 sınırının altındaki seviyelere düşürmek amacıyla keten tohumu yağında modifikasyonlar yapılmıştır. Solin tipi varyetelerinde

yapılan başarılı modifikasyonlarla linolenik asit içeriğinde (<%3) düşüş sağlanırken linoleik asit içeriğinde ise artış sağlanmıştır ve bu şekilde yemeklik yağ olarak da tüketim alanı bulmaktadır (Schuster, 1992; Mazza, 1998; Bloedon ve Szapary, 2004).

Sekin (1983), keten tohumunda mevcut olan yağ asitlerinden bir bölümünün yemeklik yağlarda bulunmasının istenmediğini, iki veya daha fazla çift bağa sahip yağ asitlerinin kolayca okside olarak yağların hızla bozulduğunu, yüksek oranda linoleik ve linolenik asit içeren yağların stabilitelerinin çok düşük olduğunu ve yağlarda kötü bir kokuya neden olduğunu ifade etmiştir.

Keten tohumu yağı, genellikle soğuk sıkım yöntemi ile elde edilmektedir. Fakat bu şekilde sıkılarak yağı alınmış olan keten tohumundan kalan küspe de yine önemli miktarda yağ bulunmaktadır. Örneğin Kanada'da 2007 yılında yapılmış bir çalışmada, keten tohumlarının soğukta sıkılmasından sonra öğütülmesiyle elde edilen keten tohumu küspesinde yaklaşık %12.4 oranında yağ tespit edildiği belirtilmiştir (Ho ve ark., 2007). Ayrıca yağı çıkarıldıktan sonra geriye kalan küspesinde önemli miktarda protein bulunduğundan, hayvanlar için değerli bir rasyondur (Gencer, 1993).

Martinchik ve ark. (2012); keten tohumunun %35-45 yağ, %9-10 doymuş yağ asidi içerdiğini belirtmişlerdir.

Mueller ve ark. (2010); keten tohumunun yüksek α-linolenik, linoleik ve oleik asit içerdiğini belirtirken; Rubilar ve ark. (2010) ise yağ veriminin ve yağ içeriğinin uygulanan ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterebileceğinin üzerinde durmuşlardır.

Green ve Marshall (1981), 214 keten varyetesinde hem varyeteler arasında hem de varyetelerin kendi içlerinde yağ içeriği ve yağ asitleri kompozisyonu bakımından incelediğinde, oleik asit içeriklerinin %13.3-25.2, linolenik asit içeriklerinin ise %45.5-64.2 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Keten tohumu, genetik ve çevresel faktörlere bağlı olarak %20-25 aralığında değişen protein içeriğine sahiptir (Herchi ve ark., 2012). Yapılan çalışmalar keten tohumunun albümin ve globulinler olmak üzere iki temel depo protein grubunu ihtiva ettiğini göstermektedir.

Marcone ve ark. (1998)'a göre toplam proteinin %73.4'ü globulin ve %26.6'sı ise albüminden oluşurken, Madhusudhan ve Singh (1983)'e göre ise toplam proteinin %20'si albüminden ibarettir. Keten tohumu çeşitleri arasında farklılıklar olmasına rağmen, genel olarak benzer aminoasit içeriğine sahiptir. Protein fraksiyonu uygun oranlarda aminoasitler içermesine rağmen; lisin, treonin, metionin, sistein ve trosin açısından fakir, arginin, aspartik asit ve glutamik asit bakımından ise oldukça yüksek bir içeriğe sahiptir.

Keten tohumu proteini ve soya proteinin, plazma trigliserid ve ürik asit miktarları üzerine etkilerinin incelendiği bir araştırmada, keten tohumunun soya proteinine göre trigliserid konsantrasyonunda iki kat daha fazla azalma sağladığı ve keten tohumunun soya proteininden çok daha fazla hipotrigliseridemik etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda keten tohumu serum ürik asit miktarında belirgin bir düşüşe sebep olurken soya proteinin ters etkiye sahip olduğu görülmüştür (Bhathena ve ark., 2002).

Keten tohumu proteini kan glukozunu iki farklı yolla etkileyebilmektedir; insülin salgısını tetikleyerek glisemik indekste düşüşe sebep olabilir, polisakkaritlerle etkileşime girerek gıdaların glisemik indeksinde aktif rol oynar. Keten tohumu proteinleri antifungal özelliğe sahip olduklarından dolayı, bazı gıdalarda küf gelişimini engellemek için kullanım olanağına sahiptirler (Borgmeyer ve ark., 1992).

Madhusudhan ve Singh (1985), Hindistan kökenli yağı alınmış ticari keten tohumu küspelerindeki protein miktarlarının %25-35 arasında olduğunu belirlerken, Collins ve ark. (2003) ise yağı alınmış Kanada kökenli keten tohumu küspesinin %33.3 düzeyinde protein içerdiğini tespit etmişlerdir.

Yapılan bir başka çalışmada, sıcaklık uygulaması sonucu lisin içeriğinde %30 düşüş, sindiriminin kolaylaşmasında ise %38 seviyesinde bir artış olduğu görülmüştür (Madhusudhan ve Singh, 1985).

100 g keten tohumunda yaklaşık 28 g diyet lif bulunduğundan, keten tohumu iyi bir lif kaynağıdır (Mazza, 1998; Klotzbach-Shimomura, 2001). Keten tohumunun fibröz kabuğu, tohum ağırlığının %30-39'unu oluşturduğu bilinmekte ve polisakkaritlerce zengin bir yapıya sahipken, çok az miktarda protein ve yağ içermektedir (Wanasundara ve Shahidi, 1997).

Keten tohumunun yapısındaki toplam diyet lifin yarısından fazlasını, çözünmez formdaki selüloz oluşturmaktadır. Çözünen lifler ise müsilaj formunda bulunmaktadır (Heimbach, 2009). Müsilaj heterojenik bir polisakkarit olup keten tohumunun çözünebilir lif fraksiyonunun büyük bir kısmını oluşturur ve aynı zamanda insanlarda hipoglisemik etkiye sahiptir (Wanasundara ve Shahidi, 1997).

Keten tohumu gamının yaklaşık %24'ünü suda çözünebilir fraksiyon oluşturmaktadır. Keten tohumunun çözünebilir polisakkaritleri; glukoz, ksiloz, galaktoz, ramnoz, arabinoz ve fruktozu sırasıyla azalan miktarlarda içermektedir. Gam; kıvam arttırıcı ve stabilize edici madde olarak da kullanılmaktadır (Klotzbach-Shimomura, 2001; de Lemos ve O'Brien, 2004).

Keten tohumu lifi, serum kolesterolünü düşürmekte ve kan glukoz seviyesini artırmamaktadır. Çözünür lif, ince bağırsak içeriğinin viskozitesini artırarak ve karbonhidratların absorpsiyonu ile sindirimi geciktirmekte ve glisemik indeksi azaltmaktadır (Oomah ve Mazza, 1997; Klotzbach-Shimomura, 2001).

Lif olarak keten tohumunun kullanıldığı bir çalışmada; günlük 50 g keten tohumu alımı ile birlikte bağırsak hareketlerinin haftada %30 arttığı gözlemlenmiştir. Keten tohumunun suda çözünebilir lifleri kan glukoz seviyesini sabit tutmaya yardımcı olabilmektedir (Klotzbach-Shimomura, 2001).

Nutrasötik gıda, genel olarak fonksiyonel gıdalar ile eş anlamlı olarak kullanılabilmekte, besin maddesi destekleri, tasarlanmış gıdalar, fonksiyonel gıdalar, bitkisel ürünler, tahıl, çorba ve içecekler gibi işlenmiş ürünleri içermektedir. Gıdalardaki vitamin olmayan, yararlı kimyasallar olarak tanımlanan nutrasötiklerden bitkisel kaynaklı olanlarına fitokimyasal adı verilmektedir. Gıdaların bileşiminde 900'den fazla fitokimyasal bulunmuştur. Bitkisel ürünlere dayalı beslenmenin kronik hastalık, özellikle kanser riskini azaltabildiğine dair çok sayıda veriler vardır. Sağlık otoriteleri tahıl, taze sebze ve meyveler bakımından zengin, hayvansal et ve yağ oranının azaltıldığı diyetleri önermektedir. Keten tohumu, α-linolenik asit ve iyi kaliteli protein bakımından zengin olmasının yanında, yüksek oranda antioksidan potansiyeline sahip, flavonoidler, lignanlar ve fenolik asitler gibi fitokimyasalların da doğal kaynağı olarak önemli bir yere sahiptir (Berner ve O'Donnell, 1998; Mazza, 1998; Korthals, 2002; Anwar ve Przybylski, 2012; Kasote, 2013).

Keten tohumu; memeli lignan ön maddesi olan sekoisolarisiresinol diglukozid (SDG) açısından (0.2-3.7 mg/g tohum), bitkisel lignanların en zengin kaynağı olarak bilinmektedir (Mazza, 1998). Keten tohumunda bulunan SDG, vücuda alındığında bağırsakta bulunan fakültatif aerobik mikroorganizmaların (*Clostridia* sp.) aktivitesi sonucu memeli lignanları olan enterodiol ve enterolaktona dönüşür (Kardinaal ve ark., 1997; Hasler, 2002).

Tahıllar, tahıl kepekleri, çeşitli bitkiler, sebze ve meyvelerden çok daha yüksek miktarda lignan içerdiği belirtilen keten tohumunun, günde 5-25 g tüketilmesiyle (direkt veya ürünlere ilave edilmiş formlarının) yeterli miktarda lignan alımının sağlanacağı belirtilmiştir. Keten tohumunun, diğer bitkisel ürünlere oranla çok daha fazla miktarda lignan içermesi, gıdalardaki kullanımını arttırmak için fırsat sunmaktadır (Hall III ve ark., 2006).

Keten tohumu, diğer besleyici özelliklerinin yanı sıra zengin lignan içeriğinden dolayı antikanserojen etkiye sahiptir (Oomah ve Mazza, 1993; Oomah ve ark., 1996b; Aruoma, 1998). Lignanlar, fitohormon olarak dikkatleri üzerine çekmekte olup, diyette fazla alınan lignanların kanser riskini azalttığı özellikle meme, prostat ve kolon kanseri ile koroner kalp hastalıkları riskini azalttığı bildirilmiştir (Mantzioris ve ark., 1994; Clark ve ark., 1995; Mantzioris ve ark., 1995).

Keten tohumunda bulunan SDG lignan, antikanser ve antioksidan özelliğe sahip olmasının yanında antiviral, antibakteriyal ve antifungal özelliklere de sahiptir. Ayrıca farklı hastalıklara karşı bağışıklık sistemini kuvvetlendirici bir maddedir.

Lignanların oksidatif stresi ve kolestrol seviyesini düşürmede etkili oldukları çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur (Bloedon ve Szapary, 2004). Başka çalışmalarda da lignan tüketiminin kalp rahatsızlıkları ve diyabet riskini azalttığı vurgulanmıştır (Herchi ve ark., 2014).

Truan ve ark. (2012), 8 hafta boyunca, farelerin rasyonuna 1 g keten tohumu lignanı eklemesi sonucunda meme tümörü boyutunu etkilemeden hücre çoğalmasında azalma sağladığı gözlenmiştir. Buna ilaveten kadınlarda menstrual döngünün düzenlemesine de etki etmektedir (Amin ve Thakur, 2014). Yapılan bir çalışmada, keten tohumu tüketiminin postmenopozal kadınlarda antioksidan aktiviteyi artırarak kemikler

üzerinde olumlu etki gösterdiği belirtilirken, bazı çalışmalarda ise postmenopozal kadınlarda kemikler üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Yener, 2011).

Chen ve ark. (2006); denek farelere insan meme kanseri tümör hücrelerinden enjekte etmiş ve daha sonra keten tohumundan elde edilmiş SDG ve keten tohumu yağı bileşenlerini içeren bir rasyonla beslemişlerdir. Çalışma sonucunda keten tohumu, keten tohumu yağı ve bileşenlerinin tümör gelişimini engellediklerini, ancak ilk tümörü yok edemediklerini saptamışlardır (Yener, 2011). Prasad (2001), keten tohumunun farelerde Tip 2 diyabet üzerine etkilerini incelemiş ve sonuç olarak oksidan özelliğe sahip SDG'nin, Tip 2 diyabeti baskılayabildiğini belirlemiştir.

Yağlı tohumlarda fenolik asitler, benzoik ve sinnamik asitlerin hidroksile edilmiş türevleri olarak bulunurlar. Keten tohumunda 8-10 g/kg toplam fenolik asit, 5 g/kg esterleşmiş fenolik asit ve 3-5 g/kg eterleşmiş fenolik asit bulunmaktadır. Toplam ve esterleşmiş fenolik asitlerin düzeyi, kabuksuz ve yağsız keten tohumunda sırasıyla; 81 ve 73.9 mg/100g'dır. Bu ürünlerde bulunan başlıca fenolik asitler; *trans*-ferulik (%46), *trans*-sinamik (%36), *p*-kumarik (%7.5) ve *trans*-kaffeik (%6.5) asittir. Keten tohumu yağında ise mirisetin, kateşin, genistein ve kafeik asit gibi fenolik bileşikler saptanmıştır (Dabrowski ve Sosulski, 1984; Oomah ve ark., 1995; Özkılıç, 2017).

Nasirullah ve ark. (2009), keten tohumu yağı ve yüksek dereceye kadar ısıtılmış keten tohumu yağının vanilik ve hidroksi benzoik asit ihtiva ettiğini tespit etmişlerdir. Yüksek dereceye kadar ısıtılmış keten tohumu yağının polifenol içeriği ise; %9.1 olarak belirlenmiştir (Nasirullah ve ark., 2009).

Keten tohumunun biyoaktif fonksiyonlarından olan antioksidan, antimikrobiyal ve antikanserojen etkileri, yapısında bulunan fenolik asitlerden ileri gelmektedir. Bununla birlikte fenolik ve fitik asitler hipokolestrolemik etkiye sahip olduğu gibi meme ve kolon kanser riskinde de azalmaya neden olmaktadır (Cook ve Samman, 1996; Mazza, 1998).

Flavonoidler, doğal benzo-γ-piran türevlerinin bir grubudurlar ve fotosentez yapan hücrelerde yer alırlar (Skerget ve ark., 2005). Flavonoidler alerjilere, iltihaba, hepatotoksinlere, mikroplara, virüslere, ülserlere ve trombosit kümeleşmesine karşı biyolojik aktiviteye sahiptir. Ayrıca flavonoidler lipit peroksidasyonunu, siklooksigenaz

ve lipoksigenaz da dahil olmak üzere enzim sistemlerinin aktivitesini de inhibe etmektedirler (Cook ve Samman, 1996; Berner ve O'Donnell, 1998).

Günlük flavonoid alımında; yüksek miktarda alım (yaklaşık 30 mg/gün) ile düşük miktarda alım (<19 mg/gün) karşılaştırıldığında, koroner kalp rahatsızlıklarında yaklaşık %50 seviyesinde bir düşüş görülmüştür (Kris-Etherton ve ark., 2002).

Keten tohumunda bulunan flavonoidlerin içeriği 35-71 mg/100g arasında değişmekte olup, başlıca flavonoidler; flavan C- ve O-glikositlerdir (Cook ve Samman, 1996; Mazza, 1998).

Richter ve ark. (2010); keten tohumundan farklı ekstraksiyon yöntemleri ile izoflavonları taşıyan ekstraktlar elde etmişlerdir. Kuhnle ve ark. (2008) ise; yaş keten tohumunun başlıca biokanin A (6 µg/100g yaş tohum), glisitein (2 µg/100g yaş tohum), formononetin (1 µg/100g yaş tohum) olmak üzere 100 gramında 10 µg total izoflavon taşıdığını belirtmişlerdir.

Tokoferoller, yağda çözünebilen en güçlü doğal antioksidanlardır. Keten tohumu yağı; α, β, γ ve δ tokoferolleri içermekte ve toplam tokoferol içeriği 40-50 mg/100g arasında değişiklik göstermektedir (Mazza, 1998). Keten tohumu yağında bulunan γ-tokoferol (toplam tokoferolün %80'den fazlasını oluşturur) α-tokoferolden çok daha fazla antioksidan etkiye sahip olmasına rağmen α-tokoferol, biyolojik E vitamini etkisinin sadece %10-20 kadarını göstermektedir (Allen ve ark., 1998). Toplam tokoferolün %26'sı tohum kabuğunda bulunmaktadır. Tokoferoller, çoklu doymamış yağ asitlerini oksidasyona karşı korumakta ve selenyumu indirgen formda tutarak antioksidan kapasitesine katkıda bulunmaktadırlar. Ayrıca E vitamininin, nitrozaminlerin oluşumunu da azalttığı tespit edilmiştir (Mazza, 1998).

Hall III ve ark. (2006), keten tohumundaki γ-tokoferol içeriğinin tüm tokoferol izomerleri içinde en baskın fraksiyon olduğunu ve yüksek α-linolenik asit miktarına sahip olan keten tohumu örneklerindeki γ-tokoferol içeriğinin de fazla olduğunu belirlemişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan keten tohumları, Konya'da yerel bir marketten temin edilmiştir. Keten tohumu örnekleri eleme işleminden geçirilerek içerisindeki yabancı, bozuk, kırık daneler ve yabancı maddeler uzaklaştırılmıştır. Daha sonra örnekler analize kadar buzdolabı şartlarında (+4℃'de) muhafaza edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Örnek hazırlama

Keten tohumu örnekleri etüvde 90°C ve 120°C'de 1 saat ısıl işleme maruz bırakılmıştır. Homojen bir kavurma sağlamak için kavurma sırasında tohumlar belirli aralıklarla karıştırılmıştır. Etüvden çıkan keten tohumları desikatöre alınmıştır. Desikatörde oda sıcaklığına gelen keten tohumları eşit boyutlarda öğütülmüştür. Yağlı tohumlarda hücre içinde bulunan yağ zerrelerinin öğütme ile etki yüzeyi arttırılarak daha kolay çıkması sağlanmıştır. Öğütme işlemi Arzum AR1034 Clipper kahve öğütücüsü (150 W motor gücü, 50 g kapasite, paslanmaz çelik) ile yapılmıştır.



Şekil 3.2.1.1. 90°C ve 120°C'de kavrulmuş keten tohumu örnekleri

3.2.2. Yağ ekstraksiyonu

3.2.2.1. Soğuk pres ile yağ eldesi

Soğuk pres yağ ekstraktörü (Karaerler NF 80, Türkiye); 220-240 Volt motor ile değişken hızda çalışan vidalı prestir ve kapasitesi saatte 1-12 kg tohumdur. Keten tohumu için uygun hız 18-20 hz olarak belirlenmiştir. Cihaz başlığı ekstraksiyon öncesi rezistans ile ısıtılmış ve yağ çıkış sıcaklığının 75-80°C'yi geçmemesi sağlanmıştır. Gerekli işlemler yapıldıktan sonra, ham ve kavrulmuş keten tohumlarının soğuk pres ile yağları çıkarılmıştır. Soğuk pres ile elde edilen yağlar tortulu olduğu için 6000 rpm'de 5 dk santrijüf (Hermle Z-200A) edilerek tortu kısmı uzaklaştırılmıştır.



Şekil 3.2.2.1.1. Soğuk pres cihazı



Şekil 3.2.2.1.2. Soğuk pres ile elde edilen kontrol, 90°C ve 120°C'de kavrulmuş keten tohumu yağları

3.2.2.2. Solvent ekstraksiyon ile yağ eldesi

Öğütülen kontrol ve kavrulmuş keten tohumu örnekleri, tartılıp kartuşlara aktarılmış ve ağızları pamuk ile kapatılmıştır. Kartuşlar ve darası alınmış balonlar Soxhlet cihazına yerleştirilmiştir. Kartuşların üzerine yaklaşık 250 ml petrol eteri ilave edilmiştir. Sifon yaptırılarak petrol eterin balona geçmesi sağlanmıştır. Üstten soğutucu kısım, alttan ısıtıcı çalıştırılarak 6 saat ekstraksiyon işlemine devam edilmiştir. Bu süre içerisinde yağ ve solvent balonda toplanmıştır. İşlem bittikten sonra balonun içerisinde biriken miselladaki petrol eteri evaporatör yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Böylece balonda sadece keten tohumundan ekstrakte edilmiş yağ kalmıştır. Balon desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve sabit tartıma gelene kadar tartılmıştır (AOAC, 1990). Daha sonra ham yağ içeriği % olarak hesaplanmıştır.

3.2.2.3. Ultrasonik ekstraksiyon ile yağ eldesi

Öğütülen kontrol ve kavrulmuş keten tohumu örnekleri tartılıp fitre kağıdına aktarılmış ve ağzı kapatılmıştır. Filtre kağıtları darası alınmış balonların içerisine yerleştirilmiş ve üzerine petrol eteri ilave edilmiştir. Balonlar ultrasonik cihazına

(Bandelin Sonorex) alınmış ve 20 dk sonikasyon uygulamasına tabi tutulmuştur. Daha sonra örnekler Soxhlet cihazına yerleştirilmiştir ve solvent ekstraksiyondaki işlemlerin aynısı devam ettirilmiştir.



Şekil 3.2.2.3.1. Soxhlet cihazı

3.2.3. Ekstrakt çıkarma

Kontrol, 90°C ve 120°C'de kavrulmuş keten tohumlarından serbest fenolikler ve flavonoller, yağlı tohumlar için önceden belirlenen yöntem ile ekstrakte edilmiştir. Kontrol ve kavrulmuş keten tohumlarından santrifüj tüplerine her bir örnek için 0.5 g tartılmıştır. Üzerine 5 ml asidik (HCl) metanol/su ($MeOH/H_2O$, 50:50, v/v, pH 2) çözeltisi ilave edilmiştir. Oda sıcaklığındaki çalkalamalı su banyosunda (WiseBath) 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra 6000 rpm'de 10 dk santrifüj (Hermle Z-200A) edilmiştir. Santrifüjden çıkan örneklerin süpernatant kısmı (metanol ekstraktı) alınmıştır. Kalan çökeltinin üzerine 5 ml aseton/su (70:30, v/v) çözeltisi eklenmiştir. Oda sıcaklığındaki çalkalamalı su banyosunda 1 saat bekletildikten sonra 6000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüjden çıkan örneklerin süpernatant kısmı (aseton ekstraktı) alınmıştır. Metanol ve aseton ekstraktları birleştirilmiştir (Abderrahim ve ark., 2015). Ekstraktlar analizde kullanılıncaya kadar -18°C'de dondurularak muhafaza edilmiştir.

3.2.4. Nem tayini

Kontrol ve kavrulmuş keten tohumu örneklerinin % nem içeriği; Kern Dbs 60-3 nem tayin cihazı ile belirlenmiştir (AOAC, 2000).

3.2.5. Viskozite tayini

Kontrol ve kavrulmuş keten tohumundan elde edilmiş yağların sabit sıcaklıkta uygun şartlarda AND Sine-Wave Vibro Viscometer, SV-10 (0.3 – 10000 m.Pas) cihazıyla ölçümü yapılmıştır (Lazaridou ve ark., 2004).

3.2.6. Serbest yağ asidi tayini

Serbest yağ asitliği, 1 g yağın nötrleşmesi için gerekli potasyum hidroksitin (KOH) mg olarak ifade edilmesidir. 2.5 g yağ örnekleri üzerine etanol/dietileter (1:2 v/v) çözeltisi ilave edilerek çalkalanmıştır. Daha sonra 0.1 N KOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Harcanan KOH çözeltisi sarfiyatı belirlenmiştir. Sonuçlar; % oleik asit cinsinden verilmiştir (Anonim, 1973).

3.2.7. Peroksit tayini

Peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarı olup, 1 kg yağda bulunan peroksit oksijenin mili eşdeğer gram cinsinden miktarıdır. 1'er g tartılan yağ örnekleri üzerine asetik asit/kloroform (3:2, v/v) karışımı eklenmiştir. Karanlıkta 0.5 ml KI çözeltisi ilave edildikten sonra reaksiyona bırakılmıştır. Daha sonra 0.1 N $Na_2S_2O_3$ (sodyum tiyosülfat) çözeltisi ile titre edilmiştir. Harcanan sarfiyat belirlenmiştir (Anonim, 1973).

3.2.8. Karotenoid tayini

Karotenoid tayini için ekstraksiyon işlemi, da Rocha ve ark. (2015)'a göre belirlenmiştir. 2 g kontrol ve kavrulmuş keten tohumu örnekleri tartıldıktan sonra üzerine 25 ml aseton eklenmiştir. Karışım 10 dk ultrasonik su banyosunda (Bandelin Sonorex) çalkalanmış ve filtre kağıdı (Whatman No.1) kullanılarak süzülmüş, ardından ayırma hunilerine alınmıştır. Daha sonra süzüntüye 20 ml petrol eteri eklenmiş ve asetonu uzaklaştırmak için 100 ml distile su ile yıkama yapılmıştır. Bu işlemler iki kez tekrarlanmıştır. Petrol eteri kısmının süzülmesi ve kalıntı suyun uzaklaştırılması için susuz sodyum sülfat (5 g) kullanılarak Whatman No.1 süzme kağıdı ile süzülmüştür. Elde edilen ekstraktların hacmi 25 ml'ye, petrol eteriyle tamamlanmıştır. Bu işlemlerden sonra spektrofotometrede absorbans değerleri 450 nm'de ölçülmüştür.

3.2.9. Toplam fenol içeriği

Örneklerin toplam fenol içeriği, Yoo ve ark. (2004)'a göre Folin Ciocalteu (FC) ayıracı kullanılarak tespit edilmiştir. 0.5 ml ekstrakt, 2.5 ml Folin Ciocalteu ayıracı ve 2 ml Na_2CO_3 (sodyum karbonat) çözeltisi ile karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında ve karanlıkta 2 saat bekletildikten sonra örneklerin absorbans değerleri 725 nm'de ölçülmüştür.

3.2.10. Flavonoid içeriği

Örneklerin flavonoid içeriği, Dewanto ve ark. (2002)'a göre belirlenmiştir. Ekstraktlar distile su ile seyreltilmiştir. Daha sonra; %5'lik $NaNO_2$ (sodyum nitrit), %10'luk $AlCl_3$ (alüminyum klorür) ve %4'lük NaOH (sodyum hidroksit) çözeltileri sırasıyla ilave edilmiştir. Bu işlemler sonunda toplam hacim 5 ml oluncaya kadar su eklenmiş ve test tüpleri vortekste iyice karıştırılmıştır. Örneklerin absorbans değerleri 510 nm'de ölçülmüştür. Kalibrasyon eğrisi standart olarak Kateşin kullanılarak

hazırlanmıştır. Flavonoid içeriği kuru ağırlığı (mg CE/ g DW) başına mg Kateşin eşdeğerleri (CE) olarak ifade edilmiştir.

3.2.11. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi

Lee ve ark. (1998)'nın yapmış oldukları çalışmaya göre, DPPH (2,2-difenil-1-pikrazil) kullanılarak yapılmıştır. 0.1 ml ekstrakt, 2 ml DPPH çözeltisi ile karıştırılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dakika bekletilen örneklerin absorbans değerleri 517 nm'de ölçülmüştür.

3.2.12. Fenolik bileşen tayini

Keten tohumu örneklerindeki fenolik bileşenlerin tayini için 0.45 µm'lik filtreden geçirilmiş ekstraktlardan 0.5 ml viallere alınmıştır. Üzerine 0.5 ml metanol ilave edilerek örnekler cihaza enjekte edilecek hale getirilmiştir. Örneklerin fenolik bileşen profili Shimadzu-HPLC cihazı yardımıyla 280 nm'de tespit edilmiştir. Inertsil ODS-3 (5 µm; 4.6 x 250 mm) kolonu ve PDA detektörü ile donatılmış Shimadzu-HPLC cihazı yardımıyla örneklerin fenolik bileşen içerikleri tespit edilmiştir. Mobil faz olarak, %0.05 asetik asit içeren su (A) ve asetonitril (B) karışımı kullanılmıştır. Mobil fazın akış hızı 30°C'de 1 ml/dakika ve enjeksiyon hacmi 20 µl'dir. 280 ve 330 nm'lerde kaydedilmiştir ve her bir örnek için cihazın çalışma süresi 60 dakikadır (Pagliarini ve Rastelli, 1994).

3.2.13. Yağ asidi kompozisyonu

Kontrol ve kavrulmuş keten tohumu yağlarının yağ asidi kompozisyonları, Hışıl (1998) tarafından tanımlanan metodun modifiye edilmesiyle belirlenmiştir. Yağ örnekleri, (50-100 mg) yağ asidi metil esterlerine (FAME) çevrilmiştir. Esterleştirme işlemi için öncelikle 0.1 g yağ örneğine 10 ml *n*-hekzan (C_6H_{14}) ilave edilerek çözündürülmüştür ve 4500 rpm'de 30 dakika santrifüj (Hermle Z-200A) işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından 0.5 ml 2 N metanollü KOH eklenerek çözelti kısa bir süre

vorteks ile karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında ve karanlık ortamda 30 dakika bekletilmiştir. Faz ayrımı gerçekleştikten sonra süpernatanttan 1 ml alınarak viallere aktarılmış ve analize hazır hale getirilmiştir. Yağ asitlerinin metil esterleri, gaz kromatografisi cihazında (Shimadzu GC 2010) analiz edilmiştir. Piklerin alanından yola çıkılarak % yağ asitleri kaydedilmiştir.

Gaz kromatografisi çalışma şartları;

Dedektör	:	Alev İyonlaştırma Dedektörü (FID)
Kapiler kolon	:	Teknokroma TR CN100, P/N TR 882162 fused silika kolon, 60 m x 0.25 mm x 0.20 µm
Dedektör ve enjeksiyon bloğu sıcaklığı	:	260°C
Taşıyıcı gaz	:	N2
Akış hızı	:	1.51 ml/dk
Split oranı	:	1/40 ml/dk
Enjeksiyon bloğu toplam akış hızı	:	80 ml/dk
Fırın sıcaklık programı	:	90°C ile başlayıp, 90°C'de 7 dk tutulmuştur. Daha sonra dakikada 5°C artışlarla 240°C'ye yükseltilmiş, bu sıcaklıkta 15 dk bekletilmiştir.

3.2.14. İstatistiksel analizler

Veriler bilgisayar ortamına Microsoft Office Excel 2010 programı kullanılarak aktartılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen verilerin yorumlanmasında Minitab 16 istatistik programı kullanılmıştır. Veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. Farklılıkları istatistiki olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise Tukey çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmış ve istatistiki önem seviyesi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ortalama değerleri ve standart sapmaları ile verilmiştir (Düzgüneş ve ark., 1987).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Keten Tohumunun Nem, Karotenoid, Toplam Fenol, Flavonoid ve Antioksidan Aktivite Analiz Sonuçları

Kontrol ve farklı sıcaklıklarda (90°C ve 120°C) kavrulmuş keten tohumunda belirlenen nem, biyoaktif bileşikler (karotenoid, toplam fenol, flavonoid) ve antioksidan aktivite analiz sonuçları Çizelge 4.1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1.1. Keten tohumu örneklerinin ortalama nem, karotenoid, toplam fenol, flavonoid ve antioksidan aktivite analiz sonuçları

Sıcaklık	n	Nem (%)	Karotenoid (mg/g)	Toplam Fenol (mg GAE/100g)	Flavonoid (mg CE/100g)	Antioksidan (%)
Kontrol	3	3.52±0.52	0.13±0.12^{b}	202.64±5.67	666.00±25.00^{b}	59.32±2.14^{b}
90°C	3	2.71±0.09	0.48±0.00^{ab}	202.64±33.75	636.00±25.98^{b}	62.46±3.54^{ab}
120°C	3	2.65±0.30	0.61±0.22^{a}	225.69±14.65	786.00±40.93^{a}	68.64±2.37^{a}

Aynı sütunda a, b harfleri ile belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Kontrol keten tohumu örnekleri %3.52 ile en yüksek nem içeriğine sahiptir. 90°C'de kavrulmuş örnekler %2.71 nem içeriğine sahipken, 120°C'de kavrulmuş örnekler ise %2.65 ile en düşük nem içeriğine sahiptir. Bu değerler sonucunda kavurma işlemi ve sıcaklık artışı ile birlikte nem içeriğinin düştüğü tespit edilmiştir.

Bozan ve Temelli (2008), keten tohumunun % nem, kül, toplam yağ ve ham protein içeriklerini sırasıyla; %6.4, 3.9, 33.6 ve 17.9 olarak bulmuşlarken, Sargi ve ark. (2013) ise keten tohumundaki bu bileşenleri sırasıyla %6.52, 2.63, 38.13 ve 24.42 olarak belirlemişlerdir. Hall III ve ark. (2006), keten tohumunun yüksek sıcaklıkta uzun süre kavrulması sonucu tohumdaki nem kaybının oldukça yüksek olabileceğini bildirmişlerdir. 160-180°C'de 24 dakika kavurma işlemi uygulanması sonucunda keten tohumunun nem içeriğinin %0.1-0.3'e kadar düşebileceği gözlenmiştir. IR işlem uygulamasına tabi tutulan keten tohumlarındaki nem içeriğini inceleyen Uygur (2014), IR işlem uygulanmadan önce kontrol grubu keten tohumlarının nem miktarını %6.31

olarak bulmuşken, IR enerji kullanılarak ısıl işleme maruz bırakılan örneklerin nem içeriğinin ise %0.75-2.24 düzeyine kadar düştüğünü tespit etmiştir.

Çizelge 4.1.1.'e bakıldığında karotenoid analiz sonuçları istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. En düşük miktar 0.13 mg/g ile kontrol örneklerinde gözlemlenirken, en yüksek miktar 0.61 mg/g ile 120°C'de kavrulmuş keten tohumu örneklerinde gözlemlenmiştir. 90°C'de kavrulmuş örneklerin karotenoid içeriği ise; 0.48 mg/g olarak bulunmuştur. Isıl işlem uygulamasının, karotenoidlerin keten tohumunda çözünmesini arttırdığı sonucuna varılabilir.

Chia tohumunun farklı sıcaklıklarda (90, 120, 150 ve 180°C) kavrulmasının ekstraktlardaki biyoaktif bileşenler ve yağ kalitesi üzerindeki etkisi Ghafoor ve ark. (2020) tarafından araştırılmıştır. Kontrol, 90, 120, 150 ve 180°C'de kavrulmuş Chia tohumlarının karotenoid içerikleri sırasıyla; 3.66, 2.56, 1.93, 1.47 ve 0.83 mg/kg olarak belirlenmiştir. Suri ve ark. (2020), kontrol ve mikrodalgada 180, 360, 540 W'da 5 dakika kavrulan keten tohumu yağlarının karotenoid içeriklerini sırasıyla; 2.89, 3.11, 3.32 ve 3.42 mg/kg; 10 dakika kavrulan örneklerin ise 3.29, 3.36 ve 3.45 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Keten tohumu örneklerine ait toplam fenol içeriği, Çizelge 4.1.1.'de verilmiştir. Kontrol ve 90°C'de kavrulmuş keten tohumu örneklerinin toplam fenol içerikleri; 202.64 mg GAE/100g olarak aynı değere sahip oldukları görülmüştür. 120°C'de kavrulmuş keten tohumunun toplam fenol içeriği ise 225.69 mg GAE/100g'a yükseldiği tespit edilmiştir. Kavurma sıcaklığının belirli bir düzeye kadar toplam fenol içeriğini etkilemediği ve sıcaklık derecesinin artışıyla birlikte toplam fenol içeriğinin de arttığı görülmüştür. Toplam fenol içeriğinde ciddi farklılıklar bulunmadığı gözlemlenmektedir.

Soğuk preslenmiş kenevir, keten ve kanola tohumu yağlarının fizikokimyasal ve kalite özellikleri, Teh ve Birch (2013) tarafından araştırılmıştır. Bu araştırmacılar çalışmaları sonucunda; kenevir, keten ve kanola yağlarının toplam fenolik asit içeriklerini sırasıyla; 188.23, 136.93 ve 59.17 mg/100g olarak tespit etmişlerdir. Özkaynak Kanmaz ve Ova (2015), yedi keten tohumu genotipi ile yaptıkları çalışmada yağsız keten tohumu unu örneklerindeki serbest, esterlenmiş ve toplam fenolik miktarlarını sırasıyla; 85.78-249.33, 488.70-959.87 ve 574.48-1209.20 mg ferulik asit/100g olarak bulmuşlardır. Wanasundara ve Shahidi (1994), farklı genotiplerde toplam fenoliklerin 130 ile 220 mg ferulik asit/100g keten tohumu küspesi arasında

değiştiğini belirlemişlerdir. Diğer bir çalışmada Oomah ve ark. (1995), keten tohumu örneklerinin serbest fenolik miktarlarını 300-500 mg ferulik asit/100g ve esterleşmiş fenolik miktarlarını ise ortalama 500 mg ferulik asit/100g olduğunu belirtmişlerdir.

Keten tohumu örneklerine ait flavonoid içeriği Çizelge 4.1.1.'de verilmiştir. Flavonoid içeriği analiz sonuçları istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Kontrol, 90°C ve 120°C'de kavrulmuş keten tohumu örneklerinin flavonoid içerikleri sırasıyla; 666.00, 636.00, 786.00 mg CE/100g olarak bulunmuştur. 90°C'de kavurma işlemi ile flavonoid içeriğinde önemsiz bir azalma gözlemlenmiştir. Kavurma sıcaklığının 120°C'ye çıkartılması ile flavonoid içeriğinde artış saptanmıştır.

Özkaynak Kanmaz ve Ova (2015), yedi keten tohumu genotipi ile yaptıkları çalışmada yağsız keten tohumu unu örneklerindeki serbest, esterleşmiş ve toplam flavonoid içeriklerini sırasıyla; 5.48-19.08, 8.13-14.57 ve 13.61-33.65 mg luteolin/100g olarak tespit etmişlerdir. Oomah ve ark. (1996a); keten tohumunun toplam flavonoid içeriğini 35 ile 71 mg/100g arasında gözlemlerken, Choo ve ark. (2007) ise keten tohumu yağının toplam flavonoid miktarlarını 12.7-25.6 mg luteolin/100g olarak tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise; yağı alınmış keten tohumu örneklerinin toplam flavonoid içeriği 13.61 ve 33.65 mg luteolin/100g arasında bulunmuştur (Özkaynak Kanmaz ve Ova, 2012). Bu çalışma ile bulunan literatürler karşılaştırıldığında, biyoaktif bileşikler açısından önemli farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Bu farklılığın genetiksel ve çevresel faktörlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.1.1.'de antioksidan aktivite sonuçları incelendiğinde, istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) olduğu görülmüştür. Kontrol grubu keten tohumu örneklerinin antioksidan aktivitesi; %59.32 olarak tespit edilmiştir. 90°C ve 120°C'de kavrulmuş keten tohumu örneklerinin antioksidan aktiviteleri ise sırasıyla; %62.46 ve %68.64 olarak artış göstermiştir.

Herchi ve ark. (2014), olgunlaşma sırasında keten tohumu kabuğunun kimyasal bileşimi ve antioksidan aktivitesindeki değişiklikleri inceledikleri bir çalışmada, keten tohumu kabuğunun gelişimi sırasında örneklerin antioksidan aktivitelerinin %52.74-78.55 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Madenci (2017), besinsel lif (buğday, arpa ve yulaf) ve antioksidan maddece zengin bileşenleri (keten tohumu, çörek otu ve nar çekirdeği); yaş makarnanın formülasyonunda kullanarak, makarnanın bazı kalite özellikleri ve raf ömrü üzerine etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada makarna üretiminde

hammadde olarak kullanılan keten tohumu örneğinin antioksidan aktivite değerini; %55.47 olarak bulmuştur.

4.2. Keten Tohumu Yağ Verimi Sonuçları

Çalışmada solvent ve ultrasonik ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen keten tohumu yağlarının, yağ verimleri Çizelge 4.2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2.1. Keten tohumu yağı örneklerinin, ortalama yağ verimi analiz sonuçları

Yağ Ekstraksiyon	n	Sıcaklık	Yağ Verimi (%)
Solvent	3	**Kontrol**	36.55±0.90^{d}
	3	**90°C**	39.25±0.76^{c}
	3	**120°C**	40.88±0.22^{b}
Ultrasonik	3	**Kontrol**	34.07±0.74^{e}
	3	**90°C**	38.02±0.26^{c}
	3	**120°C**	42.57±0.46^{a}

Aynı sütunda a-e arası farklı harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Keten tohumu yağlarının yağ verimleri; %34.07-42.57 düzeyinde bulunmuştur. En düşük yağ verimi; %34.07 olup, ultrasonik ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen kontrol grubu keten tohumu yağına aittir. Ultrasonik ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen 90^{o}C'de kavrulmuş örneklerin yağ verimi; %38.02 iken, 120^{o}C'de kavrulmuş örnekler ise; %42.57 ile en yüksek yağ verimine sahiptir. Ultrasonik ekstraksiyon uygulamasında yağ verimleri değerlendirildiğinde, sonuçlar arasında düzenli bir artış saptanmıştır. Solvent ekstraksiyon ile elde edilmiş kontrol grubu, 90^{o}C ve 120^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağlarının yağ verimleri sırasıyla; %36.55, 39.25 ve 40.88 olarak bulunmuş ve sonuçların birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Her iki ekstraksiyon yönteminin de yağ verimleri değerlendirmeye alındığında, ısıl işlem uygulaması ile olumlu sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir.

Endes ve Akınerdem (2011), 2 yıl boyunca Konya ekolojik şartlarında 9 yağlık keten çeşit ve popülasyonunda farklı ekim zamanlarının verim ve kalite üzerine

etkilerini araştırmışlardır. Keten tohumu çeşitlerinin ham yağ oranlarını ilk yıl; %30.6-32.3 arasında bulurken, ikinci yıl %32.1-33.6 arasında tespit etmişlerdir. Ham yağ oranının ikinci yıl yükseldiği bildirilmiştir. Bu durumun yıllar arasındaki iklim farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Özkaynak Kanmaz ve Ova (2015); yedi keten tohumu genotipi ile yaptıkları çalışmada, örneklerin toplam yağ içeriklerinin; %37.55 ile 45.07 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, diğer çalışma sonuçları ile karşılaştırıldığında; %37.5 (Hume, 1982), %31.2-38.7 (Yılmaz ve ark., 2007), %36.6-42.1 (Kurt ve ark., 2006), %38.0-40.3 (Khurana ve Dubey, 1988), %38.3-41.9 (Chow ve Dorrell, 1977), %40.0 (Lukaszewicz ve ark., 2004), %40.7 (Qiang ve ark., 1996), %42.1 (Kenaschuk, 1977), %36.0-43.0 (Larsson, 1992) değerleri ile paralellik gösterirken, %43.2-43.7 (Yadav ve ark., 1990), %45.9 (Diri ve Arslan, 1997), %45.0-50.0 (Atakişi, 1999), %47.0-47.6 (Uzun, 1992) değerleri ile farklılıklar göstermiştir. Bu farklılıklar muhtemelen tohumların olgunluk durumundan, yetişme koşullarından, iklimsel faktörlerden ve genetik yapıdan kaynaklanmış olabilir.

4.3. Keten Tohumu Yağının Viskozite, Serbest Yağ Asitleri ve Peroksit Sayısı Sonuçları

Soğuk pres, solvent ekstraksiyon ve ultrasonik ekstraksiyon ile elde edilen kontrol ve farklı sıcaklıklarda (90°C ve 120°C) kavrulmuş keten tohumu yağlarının viskozite, serbest yağ asitleri ve peroksit sayılarına ait analiz sonuçları Çizelge 4.3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3.1. Keten tohumu yağı örneklerinin ortalama viskozite, serbest asitlik ve peroksit sayısı analiz sonuçları

Yağ Ekstraksiyon	n	Sıcaklık	Viskozite (m.Pas)	Serbest Asitlik (%)	Peroksit (meq O_2/kg yağ)
Soğuk Pres	3	**Kontrol**	31.95±0.50^{c}	1.23±0.00	1.50±0.71^{c}
	3	**90°C**	33.50±0.28^{bc}	0.95±0.08	1.75±0.35^{bc}
	3	**120°C**	35.00±0.99^{ab}	1.12±0.00	1.75±0.35^{bc}
Solvent	3	**Kontrol**	35.85±0.07^{ab}	1.62±0.08	4.00±0.00^{bc}
	3	**90°C**	33.55±0.50^{bc}	1.57±0.00	4.00±0.00^{bc}
	3	**120°C**	35.15±0.78^{ab}	1.40±0.08	9.00±0.00^{a}
Ultrasonik	3	**Kontrol**	34.15±0.78^{abc}	1.51±0.08	4.25±1.77^{b}
	3	**90°C**	35.05±0.50^{ab}	1.34±0.16	2.75±0.35^{bc}
	3	**120°C**	36.00±0.57^{a}	1.29±0.08	3.00±0.00^{bc}

Aynı sütunda a-c arası farklı harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.3.1.'de görülen viskozite değerleri doğrultusunda, keten tohumu yağlarının viskozite değerlerinin; 31.95 ile 36.00 m.Pas arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Solvent ekstraksiyon ile elde edilen kontrol, 90°C ve 120°C'de kavrulmuş keten tohumu yağlarının viskozite değerleri sırasıyla; 35.85, 33.55 ve 35.15 m.Pas arasında bulunurken, ultrasonik ekstraksiyonda sırasıyla 34.15, 35.05 ve 36.00 m.Pas arasında belirlenmiştir. Buna ilave olarak, soğuk preste elde edilen yağın viskozite değerleri ise sırasıyla; 31.95, 33.50 ve 35.00 m.Pas olarak ölçülmüştür. Soğuk pres ve ultrasonik ekstraksiyonda kavurma sıcaklığı arttıkça viskozite değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Solvent ekstraksiyonda 90^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağının, kontrol grubu yağına göre viskozitesi azalırken, 120^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağının viskozitesi artmıştır.

Şimşek (2009), solvent ekstraksiyon ile elde ettiği kontrol, etüvde 90, 150, 210^{o}C'de kavrulmuş, mikrodalgada 540, 720, 900 W'da kavrulmuş keten tohumu yağlarının viskozite değerlerini sırasıyla; 21.28, 22.68, 27.30, 26.35, 21.65, 22.35, 23.05 m.Pas olarak bulmuştur. Örneklerin viskozite değerlerinin artan kavurma sıcaklığıyla birlikte arttığını belirlemiştir.

Çizelge 4.3.1.'de serbest yağ asidi sonuçları incelendiğinde, keten tohumu yağı örneklerinin serbest yağ asidi miktarları %0.95 ile 1.62 arasında değişmektedir. Soğuk pres ile elde edilen kontrol grubu yağın serbest yağ asidi miktarı; %1.23 olarak bulunurken, 90^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağında %0.95, 120^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağında ise %1.12 olarak bulunmuştur. Solvent ekstraksiyon ile elde

edilen kontrol grubu yağın serbest yağ asidi miktarı; %1.62 iken, 90ºC'de kavrulmuş örneklerin %1.57, 120ºC'de kavrulmuş örneklerin ise %1.40 olarak belirlenmiştir. Ultrasonik ekstraksiyon ile elde edilmiş kontrol, 90ºC ve 120ºC'de kavrulmuş keten tohumu yağlarının serbest yağ asidi miktarları ise sırasıyla; %1.51, 1.34 ve 1.29 olarak tespit edilmiştir. Örneklerin serbest yağ asitleri arasında önemli farklılıklar gözlemlenmemiştir ($p>0.05$).

Farklı ön işlem ve ekstraksiyon yöntemleri ile kayısı çekirdeği, keten tohumu ve üzüm çekirdeği yağı eldesi ve özellikleri, Candan (2019) tarafından incelenmiştir. Soğuk pres ile elde edilmiş kontrol ve 120ºC'de kavrulmuş keten tohumu yağlarının serbest yağ asidi değerinin %1.91 olarak aynı sonuç verdiği belirlenirken, ultrason ön işlemi uygulanması ile elde edilen kontrol ve 120ºC'de kavrulmuş keten tohumu yağlarının serbest yağ asidi miktarları ise sırasıyla %1.88 ve %2.01 olarak tespit edilmiştir (Candan, 2019). Kavurma işlemi yapılmış ultrason uygulamasında serbest yağ asitliğinin arttığı gözlenmiştir (Candan, 2019). Uygur (2014); infrared (kızılötesi) uygulamasının keten tohumunun kimyasal ve duyusal özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Infrared uygulamasından önce kontrol grubu örneklerin serbest yağ asitliği değerini; %0.79 bulurken, infrared işlem uygulamasından sonra serbest yağ asitliği değerlerini %0.92-1.12 arasında bulup az da olsa bir artışın olduğunu bildirmiştir. Teh ve Birch (2013), soğuk preslenmiş kenevir, keten ve kanola tohumu yağlarının fizikokimyasal ve kalite özelliklerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre kenevir, keten ve kanola yağlarının serbest yağ asidi miktarlarını sırasıyla; %0.89, 0.75 ve 0.72 olarak bulmuşlardır. Isıl işleme maruz kalan örneklerde serbest yağ asitliğinin artması, tohumun çatlayarak tohumda bulunan yağın parçalanmasından kaynaklanıyor olabileceği tahmin edilmektedir. Yapılan çalışmada araştırılan literatürlerin aksine ısıl işlem uygulaması ile daha düşük sonuçlar elde edildiği de görülmüştür. Bu çalışmadaki serbest yağ asitliğinin kavurma işlemi ile düşmesinin sebebinin kavurma süresi olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.3.1.'de peroksit analizi sonuçlarına bakıldığında, keten tohumu yağı örneklerinin peroksit sayıları; 1.50-9.00 meq O_2/kg arasında bulunmuştur. Sonuçlar arasında en düşük peroksit sayısı 1.50 meq O_2/kg olup, soğuk pres ile elde edilen kontrol grubu yağında tespit edilmiştir. Soğuk pres ile elde edilen 90ºC ve 120ºC'de kavrulmuş keten tohumu yağlarının peroksit sayıları ise 1.75 meq O_2/kg ile çok az bir artış göstermiştir. Solvent ekstraksiyonla elde edilen kontrol ve 90ºC'de kavrulmuş

keten tohumu yağlarının peroksit sayıları 4.00 meq O_2/kg olarak aynı değer bulunurken, 120^{o}C'de kavrulmuş örneklerin 9.00 meq O_2/kg olarak belirlenmiştir. Kavurma sıcaklığının 120^{o}C'ye çıkarılmasının, keten tohumu yağı üzerinde olumsuz etki gösterdiği düşünülmektedir. Ultrasonik ekstraksiyon ile elde edilmiş kontrol, 90^{o}C ve 120^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağlarının peroksit sayıları sırasıyla; 4.25, 2.75 ve 3.00 meq O_2/kg olarak saptanmıştır. Örneklerin peroksit sayıları arasında istatistiki açıdan önemli farklılıklar gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

Candan (2019), farklı ön işlem ve ekstraksiyon yöntemleri ile kayısı çekirdeği, keten tohumu ve üzüm çekirdeği yağı eldesi ve özelliklerini incelemiştir. Soğuk pres ile elde edilmiş kontrol ve 120^{o}C kavrulmuş keten tohumu yağlarının peroksit sayıları sırasıyla; 0.98 ve 3.00 meq O_2/kg olarak belirlenirken, ultrason ön işlemi uygulanması ile elde edilen kontrol ve 120^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağlarının peroksit sayıları ise sırasıyla; 1.11 ve 1.02 meq O_2/kg olarak tespit edilmiştir (Candan, 2019). Ayçiçeği, haşhaş, keten, soya ve susam tohumlarının farklı kavurma teknikleri ile kavrulduktan sonra elde edilen yağlarında bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, Şimşek (2009) tarafından belirlenmiştir. Keten tohumu yağlarının peroksit sayıları kontrol örneklerinde; 6.49 meq O_2/kg; etüvde 90, 150, 210^{o}C'de kavrulmuş örneklerde sırasıyla; 7.23, 9.33, 11.41 meq O_2/kg; mikrodalgada 540, 720, 900 W'da kavrulmuş örneklerde ise sırasıyla; 5.72, 9.02, 17.95 meq O_2/kg olarak bulunmuştur. Keten tohumu yağ örnekleri incelendiğinde, kavrulma sıcaklığının artmasıyla birlikte peroksit sayısının arttığı saptanmıştır. Teh ve Birch (2013), soğuk preslenmiş kenevir, keten ve kanola tohumu yağlarının fizikokimyasal ve kalite özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmaları sonucunda kenevir, keten ve kanola yağlarının peroksit sayılarını sırasıyla; 1.94, 2.04 ve 2.39 meq O_2/kg olarak bulmuşlardır. Ayrıca peroksit sayısının numunelerin oksidasyon koşullarına ve yağ asidi bileşimine bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada tüm yağ örneklerinin peroksit sayıları yönetmeliklerde izin verilen maksimum peroksit sayısı sınırının altında kalmıştır. Örneğin, Yeni Zelanda Gıda Yönetmeliği (Regulation, 1984) yenilebilir katı ve sıvı yağlar için maksimum peroksit sayısını 10 meq O_2/kg olarak sınırlarken, Codex Alimentarius Komisyonu (Commission, 1999) saf ve soğuk preslenmiş katı ve sıvı yağların peroksit sayısını ise; 15 meq O_2/kg olarak sınırlamıştır. Herchi ve ark. (2014), olgunlaşma sırasında keten tohumu kabuğunun kimyasal bileşimi ve antioksidan aktivitesindeki değişiklikleri inceledikleri bir çalışmada, olgunlaşmanın ilk döneminden son dönemine kadar keten

tohumu kabuğu yağlarının peroksit sayılarını sırasıyla; 1.28, 1.62, 4.24 ve 1.80 meq O_2/kg yağ olarak tespit etmişlerdir. Sıcaklık uygulamasının tohumdaki mevcut yağın havadaki oksijenle daha kolay temasa geçmesine yol açtığı ve içerdiği yağ asitlerinin çoklu doymamış yağ asidi oranının fazla olması peroksit değerlerindeki hızlı artışın sebebi olabileceği düşünülmektedir.

4.4. Keten Tohumunun Fenolik Bileşen Sonuçları

Kontrol, 90^{o}C ve 120^{o}C'de kavrulmuş keten tohumlarının fenolik bileşen sonuçları, Çizelge 4.4.1.'de verilmiştir. Keten tohumu örneklerinin fenolik bileşenlerinden; kuersetin, apigenin, kamferol, *trans*-sinamik asit, gallik asit, 3,4-dihidroksibenzoik asit, *trans*-ferulik asit ve şiringik asit miktarları istatistiksel açıdan önemli bulunurken; isorhamnetin, resveratrol, kateşin, 1,2-dihidroksibenzen, kafeik asit, rutin trihidrat ve *p*-kumarik asit miktarları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.4.1. Keten tohumu örneklerinin ortalama fenolik bileşen analiz sonuçları (mg/100g)

Fenolik Bileşenler	n	Kontrol	90 °C	120 °C
Gallik Asit	3	2.37±0.39^{b}	3.03±3.13^{b}	27.77±0.49^{a}
3,4-Dihidroksibenzoik Asit	3	3.70±0.19^{b}	6.97±0.30^{a}	4.87±0.68^{b}
(+)–Kateşin	3	9.06±1.43	17.54±5.56	14.48±2.57
1,2-Dihidroksibenzen	3	8.15±1.32	4.75±2.76	9.41±0.19
Şiringik Asit	3	3.50±0.66^{a}	1.40±0.08^{b}	1.55±0.16^{b}
Kafeik Asit	3	1.65±0.19	2.59±0.62	1.19±0.08
Rutin Trihidrat	3	1.47±0.65	2.38±0.12	0.91±0.17
***p*-Kumarik Asit**	3	0.14±0.01	0.24±0.09	0.20±0.00
***Trans*-Ferulik Asit**	3	1.56±0.24^{b}	1.22±0.37^{b}	5.66±0.02^{a}
Apigenin-7-glukozit	3	1.99±0.54^{b}	9.73±1.98^{a}	12.71±0.01^{a}
Resveratrol	3	25.66±3.37	24.01±1.77	24.52±0.92
Kuersetin	3	19.87±0.56^{a}	12.38±0.18^{b}	8.94±0.29^{c}
***Trans*-Sinamik Asit**	3	8.09±0.00^{a}	7.58±0.46^{ab}	6.66±0.21^{b}
Kamferol	3	7.58±0.17^{b}	7.26±0.07^{b}	9.55±0.20^{a}
İsorhamnetin	3	38.93±0.05	38.78±0.17	39.29±0.25

Aynı satırda a-c arası farklı harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Keten tohumu örneklerinin majör fenolik bileşeninin isorhamnetin olduğu gözlemlenmiştir. Kontrol grubu (38.93 mg/100g) ve 90^{o}C'de kavrulmuş (38.78 mg/100g) keten tohumu örneklerinin isorhamnetin içeriğinin birbirine yakın miktarlarda olduğu saptanmıştır. 120^{o}C'de kavrulmuş örneklerde ise; 39.29 mg/100g'a yükseldiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla isorhamnetin içeriğinin sıcaklık uygulamasından önemli ölçüde etkilenmediği görülmüştür.

İsorhamnetinden sonra en yüksek miktarlara sahip fenolik bileşenin, resveratrol olduğu belirlenmiştir. Resveratrol içeriği sonuçlarında dalgalanmalar görülmüştür. Kontrol grubu örneklerinde; 25.66 mg/100g iken, 90^{o}C'de kavrulmuş örneklerde; 24.01 mg/100g ve 120^{o}C'de kavrulmuş örneklerde ise; 24.52 mg/100g olarak tespit edilmiştir.

Kuersetin içeriği incelendiğinde kontrol grubu örneklerinde 19.87 mg/100g, 90ºC'de kavurma işlemi uygulanması sonucu 12.38 mg/100g ve 120ºC'de kavurma işlemi uygulanması sonucunda ise 8.94 mg/100g olduğu görülmüştür. Sıcaklık artışı ile kuersetin içeriğinde gözle görülür bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Fenolik bileşen analiz sonuçlarına göre; kateşin miktarı kontrol grubu örneklerinde 9.06 mg/100g olarak belirlenmiştir. 90ºC'de kavrulmuş örneklerde (17.54 mg/100g) sıcaklığın etkisi ile kateşin içeriğinde artış gözlenirken, sıcaklığın 120ºC'ye (14.48 mg/100g) çıkarılması sonucu azalma olduğu gözlenmiştir. Apigenin-7-glukozit verileri değerlendirildiğinde; kontrol grubu örneklerinin apigenin-7-glukozit içeriği; 1.99 mg/100g iken, 90ºC ve 120ºC'de kavrulmuş örneklerde sırasıyla; 9.73 ve 12.71 mg/100g'a yükseldiği saptanmıştır. Bu durum sonucunda sıcaklık uygulamasının keten tohumu örneklerinde, apigenin-7-glukozit içeriğini arttırdığı gözlemlenmiştir. Kamferol sonuçları incelendiğinde; kontrol grubu (7.58 mg/100g) ve 90ºC'de kavrulmuş (7.26 mg/100g) keten tohumu örneklerinin kamferol içerikleri birbirine yakın bulunmuştur. 120ºC'de kavrulmuş örneklerde ise; 9.55 mg/100g'a yükseldiği tespit edilmiştir. 1,2-dihidroksibenzen içeriklerine bakıldığında; düzenli bir artış veya azalış gözlenmemiştir. Kontrol grubu, 90ºC ve 120ºC'de kavrulmuş keten tohumu örneklerinin 1,2-dihidroksibenzen içerikleri sırasıyla; 8.15, 4.75 ve 9.41 mg/100g olarak belirlenmiştir. *Trans*-sinamik asit içeriği; kontrol grubu, 90ºC ve 120ºC'de kavrulmuş keten tohumu örneklerinde sırasıyla; 8.09, 7.58 ve 6.66 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Sıcaklık uygulaması ile *trans*-sinamik asit miktarında azalma olduğu bildirilmiştir. Gallik asit sonuçları değerlendirmeye alındığında; kontrol grubu örneklerinin gallik asit miktarı 2.37 mg/100g olarak belirlenirken, 90ºC'de kavrulmuş örneklerde 3.03 mg/100g olarak tespit edilmiştir. 120ºC'de kavrulmuş örneklerin gallik asit miktarı ise; 27.77 mg/100g olarak bulunmuştur. Kavurma sıcaklığının 120ºC'ye yükseltilmesi, keten tohumu örneklerinin gallik asit içeriğinde büyük bir farklılığa sebep olmuştur. 3,4-dihidroksibenzoik asit miktarı; kontrol grubu örneklerinde 3.70 mg/100g olarak belirlenmiştir. 3,4-dihidroksibenzoik asit miktarı, 90ºC'de kavrulmuş örneklerde (6.97 mg/100g) artış gösterirken, 120ºC'de kavrulmuş örneklerde (4.87 mg/100g) ise azalma olduğu tespit edilmiştir. *Trans*-ferulik asit sonuçları incelendiğinde; kontrol grubu (1.56 mg/100g) ve 90ºC'de kavrulmuş (1.22 mg/100g) keten tohumu örneklerinde birbirine yakın sonuçlar elde edilirken, 120ºC'de kavrulmuş örneklerde (5.66 mg/100g) ise artış gözlenmiştir. Şiringik asit miktarı; kontrol grubu örneklerde; 3.50 mg/100g olarak saptanmıştır. 90ºC'de kavrulmuş örneklerin (1.40 mg/100g) şiringik asit içeriğinde

azalma gözlenirken, 120ºC'de kavrulmuş örneklerde (1.55 mg/100g) ise önemsenmeyecek kadar küçük artış meydana gelmiştir. Kafeik asit, rutin trihidrat ve *p*-kumarik asit içerikleri incelendiğinde; kontrol grubu, 90ºC ve 120ºC'de kavrulmuş keten tohumu örneklerinin sırasıyla kafeik asit miktarları; 1.65, 2.59 ve 1.19 mg/100g; rutin trihidrat içerikleri; 1.47, 2.38 ve 0.91 mg/100g; *p*-kumarik asit miktarları ise; 0.14, 0.24 ve 0.20 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Keten tohumu örneklerine uygulanan kavurma işlemi; kafeik asit, rutin trihidrat ve *p*-kumarik asit içeriklerini etkilememiş ve önemli bir farklılık da oluşturmamıştır.

Dabrowski ve Sosulski (1984), keten tohumunda bulunan fenolik asitler üzerine çalışma yapmışlar ve keten tohumunun; *p*-kumarik, *o*-kumarik, ferrulik, *p*-hidroksibenzoik, vanilik, sinapik asitlerin serbest ve bağlı formlarını içerdiklerini bildirmişlerdir. Çalışmada kabuğu ve yağı alınmış keten tohumunun toplam ve esterleşmiş fenolik içeriklerinin ferrulik eşdeğeri üzerinden sırasıyla 81 ve 73.9 mg/100g olduğunu saptamışlardır. Genel olarak tohumların fenolik bileşen miktarlarının ısı artışıyla birlikte arttığı gözlenmiştir. Bu artış muhtemelen, tohum içinde bağlı durumda bulunan fenolik bileşenlerin çevresini saran tabakanın ısı ile yapısının bozularak fenolik bileşenlerin serbest hale geçmesinden kaynaklanmış olabilir. Bazı fenoliklerin ısıya karşı hassasiyetlerinden dolayı sıcaklığın artmasıyla birlikte miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir.

4.5. Keten Tohumu Yağının Yağ Asidi Bileşimi

Soğuk pres, solvent ekstraksiyon ve ultrasonik ekstraksiyon uygulamaları ile elde edilen kontrol grubu ve farklı sıcaklıklarda (90°C ve 120°C) kavrulmuş keten tohumu yağlarına ait yağ asidi kompozisyonu Çizelge 4.5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.5.1. Keten tohumu yağı örneklerinin yağ asidi kompozisyonu (%)

Yağ Ekstraksiyon	n	Sıcaklık	Miristik	Palmitik	Stearik	Oleik	Linolelaidik	Linoleik	Araşidik	Linolenik	Behenik	Erusik	Araşidonik
Soğuk Pres	3	**Kontrol**	0.02±0.03	5.15±0.10	3.77±0.04^{a}	17.81±0.11^{bc}	0.05±0.00	14.47±0.10^{ab}	0.18±0.00	57.63±0.42^{ab}	0.12±0.00	0.02±0.03	0.09±0.00
	3	**90°C**	TE*	5.16±0.19	3.60±0.12^{ab}	18.00±0.49^{bc}	TE	14.64±0.42^{a}	0.16±0.01	55.27±1.88^{b}	0.14±0.01	TE	0.10±0.00
	3	**120°C**	TE	5.23±0.07	3.54±0.01^{b}	18.45±0.08^{ab}	TE	14.03±0.05^{b}	0.17±0.00	57.66±0.05^{ab}	0.11±0.00	TE	0.07±0.00
Solvent	3	**Kontrol**	TE	5.12±0.07	3.77±0.02^{a}	17.76±0.03^{bc}	0.02±0.03	14.65±0.01^{a}	0.17±0.01	57.64±0.03^{ab}	0.11±0.00	TE	0.08±0.01
	3	**90°C**	TE	5.31±0.16	3.75±0.06^{ab}	18.91±0.20^{a}	0.05±0.00	14.49±0.09^{ab}	0.17±0.01	56.43±0.19^{ab}	0.12±0.01	TE	0.06±0.02
	3	**120°C**	TE	5.26±0.18	3.78±0.04^{a}	17.63±0.07^{c}	0.02±0.03	14.84±0.04^{a}	0.17±0.00	57.42±0.03^{ab}	0.11±0.01	TE	0.08±0.00
Ultrasonik	3	**Kontrol**	TE	4.97±0.17	3.78±0.04^{a}	17.65±0.07^{bc}	0.04±0.00	14.32±0.03^{ab}	0.17±0.00	58.17±0.01^{a}	0.11±0.01	0.02±0.02	0.10±0.02
	3	**90°C**	TE	4.98±0.06	3.81±0.04^{a}	17.40±0.16^{c}	TE	14.51±0.08^{ab}	0.17±0.01	58.23±0.20^{a}	0.11±0.01	TE	0.08±0.01
	3	**120°C**	TE	5.37±0.02	3.63±0.04^{ab}	18.89±0.20^{a}	TE	14.49±0.12^{ab}	0.17±0.01	56.28±0.07^{ab}	0.10±0.04	TE	0.11±0.01

Aynı sütunda a-c arası farklı harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).
* Tespit edilememiştir

Keten tohumu yağında doymuş yağ asitleri (miristik, palmitik, stearik, araşidik ve behenik asit), tekli (oleik ve erusik asit) ve çoklu (linolenik, linoleik, araşidonik ve linolelaidik asit) doymamış yağ asitleri tespit edilmiştir. Keten tohumu yağının; stearik, oleik, linoleik ve linolenik asitleri arasında istatistiki olarak önemli bir fark bulunurken; miristik, palmitik, linolelaidik, araşidik, behenik, erusik ve araşidonik yağ asitleri açısından istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

Keten tohumu yağında en fazla bulunan yağ asidi; linolenik asit olup içerikleri %55.27-58.23 arasında değişiklik göstermiştir. Sonuçlar arasında en yüksek linolenik asit miktarı, ultrasonik ekstraksiyonla elde edilen 90^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağına (%58.23) aittir. Ultrasonik ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen kontrol grubu yağın linolenik asit içeriği %58.17 ile en yüksek değeri takip ederken, 120^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağında ise %56.28'e düştüğü tespit edilmiştir. Solvent ekstraksiyon ile elde edilen kontrol grubu yağın linolenik asit miktarı %57.64 olarak saptanmıştır. Yine solvent ekstraksiyonla elde edilen 90^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağının linolenik asit miktarı; %56.43'e düşerken, 120^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağında ise bu miktarın %57.42'e çıktığı gözlemlenmiştir. En düşük (%55.27) linolenik asit miktarı soğuk pres ile elde edilen 90^{o}C'de kavrulmuş örneklere aittir. Aynı zamanda soğuk pres uygulaması ile elde edilen kontrol grubu (%57.63) ve 120^{o}C'de kavrulmuş (%57.66) örneklerin linolenik içerikleri, birbirine oldukça yakın bulunmuştur.

Keten tohumu yağında linolenik asitten sonra en yüksek (%17.40-18.91) miktarda bulunan ikinci yağ asidi, oleik asittir. En yüksek oleik asit miktarı; %18.91 ile solvent ekstraksiyonla elde edilen 90^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağında saptanırken, en düşük (%17.40) oleik asit miktarı ultrasonik ekstraksiyonla elde edilen 90^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağında tespit edilmiştir. Solvent ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen kontrol grubu ve 120^{o}C'de kavrulmuş örneklerin oleik asit içerikleri sırasıyla; %17.76 ve %17.63 olarak bulunurken, ultrasonik ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen kontrol grubu ve 120^{o}C'de kavrulmuş örneklerin oleik asit içerikleri ise sırasıyla; %17.65 ve %18.89 olarak belirlenmiştir. Soğuk pres yöntemi ile elde edilen kontrol grubu yağın oleik asit miktarı; %17.81 iken, 90^{o}C'de kavrulmuş örneklerin; %18.00 ve 120^{o}C'de kavrulmuş örneklerin ise; %18.45 olarak belirlenmiştir. Soğuk pres yöntemi ile elde edilen keten tohumu yağlarında, kavurma sıcaklığına bağlı olarak oleik asit miktarlarında artış gözlenmiştir.

Çizelge 4.5.1. incelendiğinde linoleik asit konsantrasyonları; %14.03-14.84 arasında değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. Soğuk pres ve ultrasonik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen kontrol grubu yağların linoleik asit miktarları sırasıyla; %14.47 ve %14.32 olarak tespit edilmiştir. Yine soğuk pres ve ulstrasonik ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen 90^{o}C'de kavrulmuş örneklerin linoleik asit içerikleri; %14.64 ve %14.51'e yükselirken, 120^{o}C'de kavrulmuş örneklerin linoleik asit içeriklerinin ise; %14.03 ve %14.49'a düştüğü gözlenmiştir. Solvent ekstraksiyon yönteminde ise bu durumun tam tersi olup, kontrol grubu yağın linoleik asit miktarı; %14.65 iken, 90^{o}C'de kavrulmuş örneklerin linoleik asit miktarı; %14.49'a düşmüş, 120^{o}C'de kavrulmuş örneklerin linoleik asit miktarının ise; %14.84'e yükseldiği belirlenmiştir. Keten tohumu yağlarının linoleik asit içeriklerinde meydana gelen artış veya azalışın dalgalı bir seyir gösterdiği saptanmıştır.

Palmitik asit içerikleri; %4.97 ile 5.37 arasında değişmiştir. Soğuk pres yöntemi ile elde edilen kontrol grubu (%5.15) ve 90^{o}C'de kavrulmuş (%5.16) keten tohumu yağlarının palmitik asit içerikleri birbirine yakın bulunurken, aynı şekilde ultrasonik ekstraksiyonla elde edilen kontrol grubu (%4.97) ve 90^{o}C'de kavrulmuş (%4.98) keten tohumu yağlarının palmitik asit miktarları da birbirine yakın çıkmıştır. Soğuk pres ve ultrasonik ekstraksiyon yöntemleriyle elde edilen 120^{o}C'de kavrulmuş örneklerin palmitik asit içeriklerinin ise sırasıyla; %5.23 ve 5.37'ye yükseldiği belirlenmiştir. Solvent ekstraksiyonla elde edilen kontrol grubu, 90^{o}C ve 120^{o}C'de kavrulmuş örneklerin palmitik asit miktarları sırasıyla; %5.12, 5.31 ve 5.26 olarak tespit edilmiştir. Ekstraksiyon yöntemleri ve kavurma işlemleri, palmitik asit içeriklerinde önemli bir farklılık oluşturmamıştır.

Stearik asit sonuçları incelendiğinde %3.54 ile 3.81 arasında bulunmuştur. Soğuk pres, solvent ekstraksiyon ve ultrasonik ekstraksiyon ile elde edilen keten tohumu yağlarının stearik içerikleri sırasıyla; kontrol grubu örnekler için %3.77, 3.77 ve 3.78; 90^{o}C'de kavrulmuş örnekler için %3.60, 3.75 ve 3.81; 120^{o}C'de kavrulmuş örnekler için %3.54, 3.78 ve 3.63 olduğu tespit edilmiştir.

Miristik, linolelaidik, araşidik, behenik, erusik ve araşidonik asit miktarlarının ise; %1'in altında olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak keten tohumu yağlarının yağ asidi kompozisyonu üzerine ekstraksiyon yöntemlerinin ve kavurma işlemlerinin etkisi minör düzeyde bulunmuştur.

Şimşek (2009), solvent ekstraksiyon ile elde ettiği kontrol, etüvde ve mikrodalgada kavrulmuş keten tohumu yağlarının yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisini araştırmıştır. Buldukları sonuçlar doğrultusunda kontrol örneklerin; %5.1 palmitik, %8.9 stearik, %16.3 oleik, %18.5 linoleik ve %58.86 linolenik asit içerdiğini bildirmiştir. Etüvde 90, 150 ve 210^{o}C'de kavrulmuş keten tohumu yağlarının; %4.89-7.90 palmitik, %3.32-4.11 stearik, %12.94-13.87 oleik, %12.39-15.7 linoleik, %48.91-57.7 linolenik asit içerdiğini belirlerken, mikrodalgada 540, 720, 900 W'da kavrulmuş keten tohumu yağlarının ise; %5.18-5.24 palmitik, %5.15-8.81 stearik, %11.58-14.95 oleik, %15.2-16.76 linoleik, %54.82-55.64 linolenik asit içerdiğini tespit etmiştir. Yapılan diğer bazı araştırmaların sonuçlarına göre, keten tohumu yağlarının yağ asidi bileşimleri; %4.58-12.8 palmitik, %2.3-7.65 stearik, %13.44-31.81 oleik, %10.0-18.2 linoleik, %38.43-60.42 linolenik, %0.15-0.31 araşidik ve %0.08-0.30 behenik asit olarak belirlenmiştir (McGregor ve Carson, 1961; Sekhon ve ark., 1973; Röbbelen ve ark., 1989; Hettiarachchy ve ark., 1990; Van Ruth ve ark., 2001; Wakjira ve ark., 2004; Kıralan, 2006; Krist ve ark., 2006; Pohjanheimo ve ark., 2006; Choo ve ark., 2007; Bozan ve Temelli, 2008; Khattab ve Zeitoun, 2013; Özkaynak Kanmaz ve Ova, 2015).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, kontrol grubu ve farklı sıcaklıklarda (90°C ve 120°C, 1 saat) kavrulmuş keten tohumunun soğuk pres, solvent ekstraksiyon ve ultrasonik ekstraksiyon olmak üzere 3 farklı yağ ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen keten tohumu yağlarının biyoaktif özellikleri ve fitokimyasal bileşimleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, kavurma sıcaklığının artmasıyla birlikte keten tohumu örneklerinin nem içeriğinin azaldığı gözlemlenmiştir. Kavurma işlemi uygulaması ile keten tohumu örneklerinin nem içeriğinin düşürülmesi sonucu raf ömrünün uzatılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca keten tohumunun ham tadından kurtulup, hoşa giden bir aroma kazanması sağlanmıştır. Sıcaklığın artması sonucu, keten tohumu örneklerinin antioksidan aktivite ve karotenoid içeriklerinde artış tespit edilirken, flavonoid içeriğinde dalgalanmalar olduğu belirlenmiştir. Toplam fenol içeriğinin ise 90°C'deki kavurma işleminden etkilenmediği ancak sıcaklığın 120°C'ye çıkartılması sonucu arttığı görülmüştür.

Solvent ve ultrasonik ekstraskiyon uygulaması sonucunda elde edilen keten tohumu yağı örneklerine uygulanan sıcaklık derecesi arttıkça yağ verimindeki artış göze çarpmıştır. Solvent ve ultrasonik ekstraksiyon yöntemlerinin yağ verimi sonuçları birbirine yakın bulunmuştur.

Viskozite, serbest asitlik ve peroksit sayıları incelendiğinde, soğuk pres ve ultrasonik ekstraksiyonla elde edilen keten tohumu yağlarının viskozite değerleri ısıl işlemle birlikte artış gösterirken, solvent ekstraksiyonla elde edilmiş 90°C'de kavrulmuş örneklerin viskozite değerleri önce düşmüş daha sonra sıcaklığın 120°C'ye çıkartılması ile tekrar arttığı saptanmıştır. Kavurma işleminin ve yağ ekstraksiyon yöntemlerinin serbest asitlik üzerinde önemli derecede etkisi bulunmazken, peroksit miktarını etkilediği görülmüştür. Örnekler arasında peroksit sayısı en yüksek solvent ekstraksiyon ile elde edilen 120°C'de kavrulmuş örneklerde tespit edilmiştir. Soğuk pres ile elde edilen kontrol ve kavrulmuş örneklerin peroksit sayılarında ciddi bir değişim olmazken, ulstrasonik ekstraksiyon yöntemiyle elde edilmiş yağ örneklerinin peroksit sayıları ısıl işlem uygulaması sonucu önce azalmış daha sonra artmıştır.

Keten tohumu örneklerinin baskın fenolik bileşenleri sırasıyla; isorhamnetin, resveratrol, kuersetin, kateşin, apigenin-7-glukozit, kamferol ve 1,2-dihidroksibenzendir. Keten tohumu yağının baskın yağ asitleri ise; linolenik, oleik, linoleik, palmitik ve stearik asit olarak belirlenmiştir.

Keten tohumunun içerdiği yağ asitleri (omega 3-6-9) sebebiyle insan beslenmesine önemli bir katkı sağladığı tespit edilmiştir. Omega-3 açısından zengin kaynakların tüketimi kalp rahatsızlıklarını önlemede, kan glukoz seviyesini düşürmede, meme, prostat ve kolon gibi kanser türlerinden korunmada önemli bir rol oynadığı rapor edilmiştir. Ayrıca keten tohumu çok az miktarda doymuş yağ asidi içerdiğinden, kolesterol seviyesini düşürebilmektedir.

Bu çalışmadan çıkan sonuçlar doğrultusunda havadaki oksijen, uygulanan yüksek kavurma sıcaklığı ve yağın doymamışlık derecesi gibi bazı faktörler yağda çeşitli reaksiyonların oluşmasına neden olmaktadır. Doymamış yağ asitlerince zengin olan yağlı tohumlar oksidasyona karşı hassas olduklarından, yüksek kavurma sıcaklığı uygulaması sonucu ortamda istenmeyen (sağlıklı olmayan) tepkime ürünleri oluşmaktadır. Kavrulan yağlı tohumların insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiye yol açmaması için serbest asitlik ve peroksit sayılarının minimum düzeyde olması gerekmektedir. Bunun için kavurma sıcaklığının 90°C'nin altında olması, önerilmektedir. Fakat 120°C'deki kavurma işleminde fenolik bileşenlerin miktarı arttığı için fenolik bileşenlerin arzu edilmesi durumunda, bu sıcaklık önerilebilir. Linolenik, oleik ve linoleik gibi yağ asitleri açısından değerlendirilmesi durumunda ise; 120°C'de kavurma işleminin ve soğuk pres yağ ekstraksiyon yönteminin tercih edilmesi sonuçlar açısından başarılı olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

Abderrahim, F., Huanatico, E., Segura, R., Arribas, S., Gonzalez, M. C. ve Condezo-Hoyos, L., 2015, Physical Features, Phenolic Compounds, Betalains and Total Antioxidant Capacity of Coloured Quinoa Seeds (Chenopodium quinoa Willd.) from Peruvian Altiplano, *Food Chemistry*, 183, 83-90.

Adlercreutz, H., Mousavi, Y., Clark, J., Höckerstedt, K., Hämäläinen, E., Wähälä, K., Mäkelä, T. ve Hase, T., 1992, Dietary Phytoestrogens and Cancer: in Vitro and in Vivo Studies, *The Journal of Steroid Biochemistry Molecular Biology*, 41 (3-8), 331-337.

Allen, P. C., Danforth, H. D. ve Augustine, P. C., 1998, Dietary Modulation of Avian Coccidiosis, *International Journal for Parasitology*, 28 (7), 1131-1140.

Amin, T. ve Thakur, M., 2014, Linum usitatissimum L.(Flaxseed)–A Multifarious Functional Food, *Online International Interdisciplinary Research Journal*, 4 (1), 220-238.

Anonim, 1973, Yemeklik Zeytinyağı Muayene Metotları (Methods of Analysis for Edible Olive Oils), *Türk Standartları Enstitüsü*.

Anonim, 1998, Linum usitatissimum L., http://in:newcrop.hort.purdue.edu/newcrop, [7 Şubat 2020].

Anonim, 2012, Top Production Linseed 2010, http://Faostat.Fao.Org/Site/339/Default.Aspx, [6 Mayıs 2020].

Anonim, 2017, http://www.tuik.gov.tr, [4 Mayıs 2020].

Anwar, F. ve Przybylski, R., 2012, Effect of Solvents Extraction on Total Phenolics and Antioxidant Activity of Extracts from Flaxseed (Linum usitatissimum L.), *ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 11 (3), 293-302.

AOAC, 1990, Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists (15th Edition), AOAC International Suite Suit 400, 2200 Wilson Boulevard Arlington, Virginia, USA, p.

AOAC, 2000, Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists (17th Edition), Washington DC, USA, p.

Aruoma, O. I., 1998, Free Radicals, Oxidative Stress, and Antioxidants in Human Health and Disease, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75 (2), 199-212.

Atakişi, İ. K., 1999, Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, *Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın* (148).

Başoğlu, F., 2006, Yemeklik Yağ Teknolojileri, *Nobel Yayın No: 956 Fen ve Biyoloji Yayınları*, Bursa, p. 349.

Baytop, T., 1994, Türkçe Bitki Adları Sözlüğü, *Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu-Türk Dil Kurumu Yayınları*, Ankara, p. 172.

Baytop, T., 1999, Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi, *Nobel Tıp Kitabevleri*, İstanbul, p.

Berner, L. A. ve O'Donnell, J. A., 1998, Functional Foods and Health Claims Legislation: Applications to Dairy Foods, *International Dairy Journal*, 8 (5-6), 355-362.

Bhathena, S. J., Ali, A. A., Mohamed, A. I., Hansen, C. T. ve Velasquez, M. T., 2002, Differential Effects of Dietary Flaxseed Protein and Soy Protein on Plasma Triglyceride and Uric Acid Levels in Animal Models, *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13 (11), 684-689.

Bloedon, L. T. ve Szapary, P. O., 2004, Flaxseed and Cardiovascular Risk, *Nutrition Reviews*, 62 (1), 18-27.

Blumenthal, M., Goldberg, A. ve Brinckman, J., 2000, Herbal Medicine: Expanded Commission E Monographs, *United States of America (Boston): Integrative Medicine Communications*, 134-138.

Borgmeyer, J. R., Smith, C. E. ve Huynh, Q. K., 1992, Isolation and Characterization of A 25 kDa Antifungal Protein From Flaxseeds, *Biochemical Biophysical Research Communications*, 187 (1), 480-487.

Bougnoux, P. ve Chajes, V., 2003, α-Linolenic Acid and Heart Disease, In: "Flaxseed in Human Nutrition", Eds: AOCS Press Champaign, IL, p. 232-241.

Bozan, B. ve Temelli, F., 2008, Chemical Composition and Oxidative Stability of Flax, Safflower and Poppy Seed and Seed Oils, *Bioresource Technology*, 99 (14), 6354-6359.

Candan, A., 2019, Farklı Ön İşlem ve Ekstraksiyon Yöntemleri ile Kayısı Çekirdeği, Keten Tohumu ve Üzüm Çekirdeği Yağı Eldesi ve Özelliklerinin İncelenmesi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Carter, J. F., 1993, Potential of Flaxseed and Flaxseed Oil in Baked Goods and Other Products in Human Nutrition, *Cereal Foods World*, 38 (10), 753-759.

Chen, J., Wang, L. ve Thompson, L. U., 2006, Flaxseed and Its Components Reduce Metastasis After Surgical Excision of Solid Human Breast Tumor in Nude Mice, *Cancer Letters*, 234 (2), 168-175.

Chen, Z. Y., Ratnayake, W. M. N. ve Cunnane, S. C., 1994, Oxidative Stability of Flaxseed Lipids During Baking, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71 (6), 629-632.

Choo, W. S., Birch, J. ve Dufour, J. P., 2007, Physicochemical and Quality Characteristics of Cold-Pressed Flaxseed Oils, *Journal of Food Composition Analysis*, 20 (3-4), 202-211.

Chow, P. N. P. ve Dorrell, D. G., 1977, Re-Evaluation of TCA for Green Foxtail Control in Relation to Seed Yield and Oil Quality of Flax, *Canadian Journal of Plant Science*, 57 (3), 969-976.

Clark, W. F., Parbtani, A., Huff, M. W., Spanner, E., de Salis, H., Chin-Yee, I., Philbrick, D. J. ve Holub, B. J., 1995, Flaxseed: A Potential Treatment for Lupus Nephritis, *Kidney International*, 48 (2), 475-480.

Collins, T. F. X., Sprando, R. L., Black, T. N., Olejnik, N., Wiesenfeld, P. W., Babu, U. S., Bryant, M., Flynn, T. J. ve Ruggles, D. I., 2003, Effects of Flaxseed and Defatted Flaxseed Meal on Reproduction and Development in Rats, *Food Chemical Toxicology*, 41 (6), 819-834.

Commission, C. A., 1999, Codex Standard for Edible Fats and Oils Not Covered by Individual Standards, http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en, [9 Şubat 2020].

Cook, N. C. ve Samman, S., 1996, Flavonoids Chemistry, Metabolism, Cardioprotective Effects, and Dietary Sources, *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 7 (2), 66-76.

Coşkuner, Y. ve Karababa, E., 2007, Some Physical Properties of Flaxseed (Linum usitatissimum L.), *Journal of Food Engineering*, 78 (3), 1067-1073.

Cunnane, S. C. ve Thompson, L. U., 1995, Flaxseed in Human Nutrition, *Amer Oil Chemists Society*, p. 11-21.

da Rocha, A. S., Rocha, E. K., Alves, L. M., de Moraes, B. A., de Castro, T. C., Albarello, N. ve Simões-Gurgel, C., 2015, Production and Optimization Through Elicitation of Carotenoid Pigments in The in Vitro Cultures of Cleome

Rosea Vahl (Cleomaceae), *Journal of Plant Biochemistry Biotechnology*, 24 (1), 105-113.

Dabrowski, K. J. ve Sosulski, F. W., 1984, Composition of Free and Hydrolyzable Phenolic Acids in Defatted Flours of Ten Oilseeds, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 32 (1), 128-130.

de Lemos, M. L. ve O'Brien, R. K., 2004, Effects of Flaxseed on Breast Cancer Growth, *Journal of Oncology Pharmacy Practice*, 10 (3), 145-147.

de Lorgeril, M., Renaud, S., Salen, P., Monjaud, I., Mamelle, N., Martin, J. L., Guidollet, J., Touboul, P. ve Delaye, J., 1994, Mediterranean Alpha-Linolenic Acid-Rich Diet in Secondary Prevention of Coronary Heart Disease, *The Lancet*, 343 (8911), 1454-1459.

Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K. ve Liu, R. H., 2002, Thermal Processing Enhances The Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50 (10), 3010-3014.

Diri, U. Ö. ve Arslan, N., 1997, Tohumluk Miktarı ve Azotlu Gübre Dozlarının Ketenin Verim ve Verim Ögelerine Etkisi, *Türkiye'de Tarım Dergisi*, 1 (1), 6-12.

Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F., 1987, Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları-II), *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 1021, 295.

Elçi, S., 1994, Tarla Bitkileri, *Ankara Üniversitesi Yayını*, Ankara, p. 89-93.

Endes, Z. ve Akınerdem, F., 2011, Konya Şartlarında Bazı Yağlık Keten (Linum usitatissimum L.) Çeşit ve Populasyonlarında Farklı Ekim Zamanlarının Verim Üzerine Etkisinin Belirlenmesi, *Selcuk Journal of Agriculture Food Sciences*, 25 (2), 30-38.

Erasmus, U., 1986, Fats and Oils, *Alive Books*, Vancouver, Canada, p. 260-261.

Eseceli, H., Değirmencioğlu, A. ve Kahraman, R., 2006, Omega Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı Yönünden Önemi. Et Endüstrisi Programı. Balıkesir Üniversitesi, Bandırma, Türkiye. 9**:** 403-406.

Ezer, N. ve Avcı, K., 2004, Çerkeş Çankırı Yöresinde Kullanılan Halk İlaçları, *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi* (2), 66-80.

Fujita, T., Sezik, E., Tabata, M., Yesilada, E., Honda, G., Takeda, Y., Tanaka, T. ve Takaishi, Y., 1995, Traditional Medicine in Turkey VII. Folk Medicine in Middle and West Black Sea Regions, *Economic Botany*, 49 (4), 406-422.

Gencer, O., 1993, Genel Tarla Bitkileri (Endüstri Bitkileri), *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını, Adana*.

Ghafoor, K., Ahmed, I. A. M., Özcan, M. M., Al-Juhaimi, F. Y., Babiker, E. E. ve Azmi, I. U., 2020, An Evaluation of Bioactive Compounds, Fatty Acid Composition and Oil Quality of Chia (Salvia hispanica L.) Seed Roasted at Different Temperatures, *Food Chemistry*, 333, 127531.

Gökbulut, İ., 2009, Oksidatif Strese Maruz Kalmış Farelerin Keten Tohumu ile Beslenmesinin Çeşitli Biyobelirteçler Üzerine Etkisi, *İnönü Üniversitesi*, Malatya.

Green, A. G. ve Marshall, D. R., 1981, Variation for Oil Quantity and Quality in Linseed (Linum usitatissimum), *Australian Journal of Agricultural Research*, 32 (4), 599-607.

Hall III, C., Tulbek, M. C. ve Xu, Y., 2006, Flaxseed, *Advances in Food Nutrition Research*, 51, 1-97.

Hasler, C. M., 2000, Plants as Medicine: The Role of Phytochemicals in Optimal Health, *Phytochemicals Phytopharmaceuticals*,, 1-12.

Hasler, C. M., 2002, Functional Foods: Benefits, Concerns and Challenges A Position Paper from The American Council on Science and Health, *The Journal of Nutrition*, 132 (12), 3772-3781.

Hector, J. M., 1936, Introduction to The Botany of Field Crops: Cereals, *Central News Agency Limited*, p.

Heimbach, J., 2009, Determination of The GRAS Status of The Addition of Whole and Milled Flaxseed to Conventional Foods and Meat and Poultry Products, *Virginia: Port Royal VA*, 53.

Herchi, W., Arráez-Román, D., Boukhchina, S., Kallel, H., Segura-Carretero, A. ve Fernández-Gutierrez, A., 2012, A Review of The Methods Used in The Determination of Flaxseed Components, *African Journal of Biotechnology*, 11 (4), 724-731.

Herchi, W., Al Hujaili, A. D., Sakouhi, F., Sebei, K., Trabelsi, H., Kallel, H. ve Boukhchina, S., 2014, Flaxseed Hull: Chemical Composition and Antioxidant Activity During Development, *Journal of Oleo Science*, ess14006.

Hettiarachchy, N. S., Hareland, G. A., Ostenson, A. ve Bladner-Shank, G., 1990, Chemical Composition of 11 Flaxseed Varieties Grown in North Dakota, *Proc Flax Inst*, 36.

Hışıl, Y., 1998, Instrumental Analysis Techniques (Eng Fac Publ 55), *Bornova, Izmir: Ege Üniversity*.

Ho, C. H. L., Cacace, J. E. ve Mazza, G., 2007, Extraction of Lignans, Proteins and Carbohydrates from Flaxseed Meal with Pressurized Low Polarity Water, *LWT Food Science Technology*, 40 (9), 1637-1647.

Hume, D. J., 1982, Oil and Protein Seed Crops, *Notes on Agriculture*, 18, 17-18.

John, P., 1992, Biosynthesis of The Major Crop Products, *John Wiley & Sons Ltd.*, p.

Kandel, H. ve Graves, I., 2015, Flax Production in North Dakota, *NDSU Publications*, p. 1-7.

Kardinaal, A. F. M., Waalkens-Berendsen, D. H. ve Arts, C. J. M., 1997, Pseudo-Oestrogens in The Diet: Health Benefits and Safety Concerns, *Trends in Food Science Technology*, 8 (10), 327-333.

Kasote, D. M., 2013, Flaxseed Phenolics as Natural Antioxidants, *International Food Research Journal*, 20 (1), 27.

Kenaschuk, E. O., 1977, Dufferin Flax, *Canadian Journal of Plant Science*, 57 (3), 977-978.

Khattab, R. Y. ve Zeitoun, M. A., 2013, Quality Evaluation of Flaxseed Oil Obtained by Different Extraction Techniques, *LWT-Food Science Technology*, 53 (1), 338-345.

Khurana, D. K. ve Dubey, D. P., 1988, Response of Linseed (Linum usitatissimum L.) to Nitrogen and Phosphorus, *Indian Journal of Agronomy*, 34 (1), 142-144.

Kıralan, M., 2006, Ayçiçek Yağının Oksidatif Stabilitesi Üzerine Isırgan (Urtica diocia L.) Keten (Linum usitassium L.), Kişniş (Coriandrum sativum L.) ve Çörekotu (Nigella sativa L.) Tohum Ekstraktlarının Etkileri, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Kislev, M. E., Simchoni, O., Melamed, Y. ve Maroz, L., 2011, Flaxseed Production: Evidence from The Early Iron Age Site of Tel Beth-Shean, Israel and from Written Sources, *Vegetation History Archaeobotany*, 20 (6), 579-584.

Klotzbach-Shimomura, K., 2001, Functional Foods: The Role of Physiologically Active Compounds in Relation to Disease, *Topics in Clinical Nutrition*, 16 (2), 68-78.

Korthals, M., 2002, The Struggle Over Functional Foods: Justice and The Social Meaning of Functional Foods, *Journal of Agricultural Environmental Ethics*, 15 (3), 313-324.

Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., Griel, A. E. ve Etherton, T. D., 2002, Bioactive Compounds in Foods: Their Role in The Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer, *The American Journal of Medicine*, 113 (9), 71-88.

Krist, S., Stuebiger, G., Bail, S. ve Unterweger, H., 2006, Analysis of Volatile Compounds and Triacylglycerol Composition of Fatty Seed Oil Gained from Flax and False Flax, *European Journal of Lipid Science Technology*, 108 (1), 48-60.

Kuhnle, G. G. C., Dell'Aquila, C., Aspinall, S. M., Runswick, S. A., Mulligan, A. A. ve Bingham, S. A., 2008, Phytoestrogen Content of Beverages, Nuts, Seeds, and Oils, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 56 (16), 7311-7315.

Kurt, O., 1996, Ketenin (Linum usitatissimum L.) Üretimi ve Kullanım Alanları, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11 (1), 189-194.

Kurt, O., Doğan, H. ve Demir, A., 2006, Samsun Ekolojik Koşullarına Uygun Kışlık Keten Çeşitlerinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21 (1), 1-5.

Larsson, S., 1992, Oilseed Flax Cultivar Trials, *Svensk-Frotidning*, 61 (2), 8-11.

Lazaridou, A., Biliaderis, C. G., Bacandritsos, N. ve Sabatini, A. G., 2004, Composition, Thermal and Rheological Behaviour of Selected Greek Honeys, *Journal of Food Engineering*, 64 (1), 9-21.

Lee, S. ve Lee, J., 2009, Effects of Oven-Drying, Roasting and Explosive Puffing Process on Isoflavone Distributions in Soybeans, *Food Chemistry*, 112 (2), 316-320.

Lee, S. K., Mbwambo, Z. H., Chung, H., Luyengi, L., Gamez, E. J., Mehta, R. G., Kinghorn, A. D. ve Pezzuto, J. M., 1998, Evaluation of The Antioxidant Potential of Natural Products, *Combinatorial Chemistry High Throughput Screening*, 1 (1), 35-46.

Lukaszewicz, M., Szopa, J. ve Krasowska, A., 2004, Susceptibility of Lipids from Different Flax Cultivars to Peroxidation and Its Lowering by Added Antioxidants, *Food Chemistry*, 88 (2), 225-231.

Madenci, A. B., 2017, Besinsel Lif ve Antioksidan Maddece Zengin Bileşenlerin Yaş Makarnanın Bazı Kalite Özellikleri ve Raf Ömrü Üzerine Etkisi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Madhusudhan, B., 2009, Potential Benefits of Flaxseed in Health and Disease A Perspective, *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74 (2), 67-72.

Madhusudhan, K. T. ve Singh, N., 1983, Studies on Linseed Proteins, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 31 (5), 959-963.

Madhusudhan, K. T. ve Singh, N., 1985, Effect of Detoxification Treatment on The Physicochemical Properties of Linseed Proteins, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 33 (6), 1219-1222.

Mantzioris, E., James, M. J., Gibson, R. A. ve Cleland, L. G., 1994, Dietary Substitution with An α-Linolenic Acid-Rich Vegetable Oil Increases Eicosapentaenoic Acid Concentrations in Tissues, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 59 (6), 1304-1309.

Mantzioris, E., James, M. J., Gibson, R. A. ve Cleland, L. G., 1995, Differences Exist in The Relationships Between Dietary Linoleic and Alpha-Linolenic Acids and

Their Respective Long-Chain Metabolites, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 61 (2), 320-324.

Marcone, M. F., Kakuda, Y. ve Yada, R. Y., 1998, Salt-Soluble Seed Globulins of Dicotyledonous and Monocotyledonous Plants II. Structural Characterization, *Food Chemistry*, 63 (2), 265-274.

Martinchik, A. N., Baturin, A. K., Zubtsov, V. V. ve VIu, M., 2012, Nutritional Value and Functional Properties of Flaxseed, *Voprosy Pitaniia*, 81 (3), 4-10.

Mazza, G., 1998, In: Functional Foods, Biochemical and Processing Aspects, Lancaster, *Pennsylvania: Technomic Publishing Company* (Flaxseed Products For Disease Prevention), 91-127.

McGregor, W. G. ve Carson, R. B., 1961, Fatty Acid Composition of Flax Varieties, *Canadian Journal of Plant Science*, 41 (4), 814-817.

Mueller, K., Eisner, P., Yoshie-Stark, Y., Nakada, R. ve Kirchhoff, E., 2010, Functional Properties and Chemical Composition of Fractionated Brown and Yellow Linseed Meal (Linum usitatissimum L.), *Journal of Food Engineering*, 98 (4), 453-460.

Muir, A. D. ve Westcott, N. D., 2003, Flax: The Genus Linum, *CRC Press*, Canada, p. 320.

Nas, S., Gökalp, H. Y. ve Ünsal, M., 2001, Bitkisel Yağ Teknolojisi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayınları, No: 005*, Denizli, p. 329.

Nasirullah, Jeyarani, T. ve Rakshitha, D., 2009, Isolation and Antioxidant Efficacy of Nutraceutical Concentrates from Sesame and Flaxseed Oils, *Journal of Food Science Technology*, 46 (1), 66-69.

Oomah, B. D. ve Mazza, G., 1993, Processing of Flaxseed Meal: Effect of Solvent Extraction on Physicochemical Characteristics, *LWT-Food Science Technology*, 26 (4), 312-317.

Oomah, B. D., Kenaschuk, E. O. ve Mazza, G., 1995, Phenolic Acids in Flaxseed, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 43 (8), 2016-2019.

Oomah, B. D., Mazza, G. ve Kenaschuk, E. O., 1996a, Flavonoid Content of Flaxseed. Influence of Cultivar and Environment, *Euphytica*, 90 (2), 163-167.

Oomah, B. D. ve Mazza, G., 1997, Effect of Dehulling on Chemical Composition and Physical Properties of Flaxseed, *LWT-Food Science Technology*, 30 (2), 135-140.

Oomah, B. D. ve Mazza, G., 2000, Bioactive Components of Flaxseed: Occurrence, *Phytochemicals Phytopharmaceuticals*, 106.

Oomah, D. B., Mazza, G. ve Kenaschuk, E. O., 1996b, Dehulling Characteristics of Flaxseed, *LWT-Food Science Technology*, 29 (3), 245-250.

Ötleş, S. ve Pire, R., 2000, Günümüzde Ketenin Gıda Olarak Önemi, *Dünya Gıda*, 6 (5), 79-82.

Özkaynak Kanmaz, E. ve Ova, G., 2012, Keten Tohumunun Yapısındaki Fenolik Bileşikler, *Akademik Gıda*, 10 (4), 85-90.

Özkaynak Kanmaz, E. ve Ova, G., 2015, Genotypic Variation on Oil Content, Fatty Acid Composition and Phenolic Compounds in Linseed (Linum usitatissimum L.), *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52 (3), 249-255.

Özkılıç, S. Y., 2017, Soğuk Pres Yağ Üretiminde Sitrik Asit ve Enzim İlavesinin Verim ve Yağın Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Pagliarini, E. ve Rastelli, C., 1994, Sensory and Instrumental Assessment of Olive Oil Appearance, 2 (20133), 62-64.

Pohjanheimo, T. A., Hakala, M. A., Tahvonen, R. L., Salminen, S. J. ve Kallio, H. P., 2006, Flaxseed in Breadmaking: Effects on Sensory Quality, Aging and Composition of Bakery Products, *Journal of Food Science*, 71 (4), 343-348.

Prasad, K., 2001, Secoisolariciresinol Diglucoside from Flaxseed Delays The Development of Type 2 Diabetes in Zucker Rat, *Journal of Laboratory Clinical Medicine*, 138 (1), 32-39.

Qiang, H. S., Qiang, H. S. ve Mi, J., 1996, A new flax cultivar Ba Ya 5, *Crop Genetic Resources*, 1, 5.

Regulation, N. Z. F., 1984, General Standard for Edible Fats and Edible Oils, *A Consolidation of The Food Regulations*.

Richter, D. U., Abarzua, S., Chrobak, M., Scholz, C., Kuhn, C., Schulze, S., Kupka, M. S., Friese, K., Briese, V. ve Piechulla, B., 2010, Effects of Phytoestrogen Extracts Isolated from Flax on Estradiol Production and ER/PR Expression in MCF7 Breast Cancer Cells, *Anticancer Research*, 30 (5), 1695-1699.

Röbbelen, G., Downey, R. K. ve Ashri, A., 1989, Oil Crops of The World, *Economic Botany-Biomedical and Life Science*, 44 (4), 462.

Rubilar, M., Gutiérrez, C., Verdugo, M., Shene, C. ve Sineiro, J., 2010, Flaxseed as A Source of Functional Ingredients, *Journal of Soil Science Plant Nutrition*, 10 (3), 373-377.

Saarinen, N., Mäkelä, S. ve Santti, R., 2003, Mechanism of Anticancer Effects of Lignans with A Special Emphasis on Breast Cancer, *Flaxseed in Human Nutrition* (Ed. 2), 223-231.

Sargi, S. C., Silva, B. C., Santos, H. M. C., Montanher, P. F., Boeing, J. S., Santos Júnior, O. O., Souza, N. E. ve Visentainer, J. V., 2013, Antioxidant Capacity and Chemical Composition in Seeds Rich in Omega-3: Chia, Flax, and Perilla, *Food Science Technology*, 33 (3), 541-548.

Schuster, W., 1992, Ölflangen in Europe, *DLG-Verlglas-Gmbh, Eschborner Lands-Trabe, Germany*, 122, 102-107.

Sekhon, K. S., Gill, K. S., Ahuja, K. L. ve Sandhu, R. S., 1973, Fatty Acid Composition and Correlation Studies in Linseed (Linum usitatissimum L.), *Oleagineux*, 28 (11), 525-526.

Sekin, S., 1983, Yağlı Tohumların Islahında Göz Önünde Bulundurulması Gereken Bazı Kalite Karakterleri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (1), 143-162.

Sezik, E., Yeşilada, E., Honda, G., Takaishi, Y., Takeda, Y. ve Tanaka, T., 2001, Traditional Medicine in Turkey X. Folk Medicine in Central Anatolia, *Journal of Ethnopharmacology*, 75 (2-3), 95-115.

Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hras, A. R., Simonic, M. ve Knez, Z., 2005, Phenols, Proanthocyanidins, Flavones and Flavonols in Some Plant Materials and Their Antioxidant Activities, *Food Chemistry*, 89 (2), 191-198.

Suri, K., Singh, B., Kaur, A., Yadav, M. P. ve Singh, N., 2020, Influence of Microwave Roasting on Chemical Composition, Oxidative Stability and Fatty Acid Composition of Flaxseed (Linum usitatissimum L.) Oil, *Food Chemistry*, 326, 126974.

Susheela, R. U., 2000, Handbook of Spices, Seasoning, and Flavorings, *Basel: Technomic Publishing Company*, p.

Şimşek, E., 2009, Farklı Kavurma Tekniklerinin Bazı Yağlı Tohum Yağlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Teh, S. S. ve Birch, J., 2013, Physicochemical and Quality Characteristics of Cold-Pressed Hemp, Flax and Canola Seed Oils, *Journal of Food Composition Analysis*, 30 (1), 26-31.

Truan, J. S., Chen, J. M. ve Thompson, L. U., 2012, Comparative Effects of Sesame Seed Lignan and Flaxseed Lignan in Reducing The Growth of Human Breast Tumors (MCF-7) at High Levels of Circulating Estrogen in Athymic Mice, *Nutrition Cancer*, 64 (1), 65-71.

Tuzlacı, E., 2006, Şifa Niyetine (Türkiye'nin Bitkisel Halk İlaçları), *Alfa Yayıncılık*, p.

Uygur, A., 2014, Infrared (Kızılötesi) Uygulamasının Keten Tohumunun Kimyasal ve Duyusal Özellikleri ile Siyanojenik Glukozid İçeriğine Etkisi ve İşlenmiş Keten Tohumunun Tarhanada Kullanımı, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Uzun, Z., 1992, Ketende Ekim Zamanı ve Ekim Sıklığının Verim ve Verim Öğelerine Etkisi, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü*, Ankara.

Van Ruth, S. M., Shaker, E. S. ve Morrissey, P. A., 2001, Influence of Methanolic Extracts of Soybean Seeds and Soybean Oil on Lipid Oxidation in Linseed Oil, *Food Chemistry*, 75 (2), 177-184.

Wakjira, A., Labuschagne, M. T. ve Hugo, A., 2004, Variability in Oil Content and Fatty Acid Composition of Ethiopian and Introduced Cultivars of Linseed, *Journal of The Science of Food Agriculture*, 84 (6), 601-607.

Wanasundara, J. P. D. ve Shahidi, F., 1994, Alkanol-Ammonia-Water/Hexane Extraction of Flaxseed, *Food Chemistry*, 49 (1), 39-44.

Wanasundara, P. K. J. P. D. ve Shahidi, F., 1997, Removal of Flaxseed Mucilage by Chemical and Enzymatic Treatments, *Food Chemistry*, 59 (1), 47-55.

Wiesenfeld, P. W., Babu, U. S., Collins, T. F. X., Sprando, R., O'Donnell, M. W., Flynn, T. J., Black, T. ve Olejnik, N., 2003, Flaxseed Increased α-Linolenic and Eicosapentaenoic Acid and Decreased Arachidonic Acid in Serum and Tissues of Rat Dams and Offspring, *Food Chemical Toxicology*, 41 (6), 841-855.

Yadav, L. N., Jain, A. K., Singh, P. P. ve Vyas, M. D., 1990, Response of Linseed to Nitrogen and Phosphorus Application, *Indian Journal of Agronomy*, 35 (4), 427-428.

Yener, İ., 2011, Keten Tohumu ve Fitoterapi, *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakognozi Ana Bilim Dalı*, Ankara.

Yeşilada, E., Honda, G., Sezik, E., Tabata, M., Fujita, T., Tanaka, T., Takeda, Y. ve Takaishi, Y., 1995, Traditional Medicine in Turkey. V. Folk Medicine in The Inner Taurus Mountains, *Journal of Ethnopharmacology*, 46 (3), 133-152.

Yeşilada, E., Sezik, E., Honda, G., Takaishi, Y., Takeda, Y. ve Tanaka, T., 1999, Traditional Medicine in Turkey IX: Folk Medicine in North-West Anatolia, *Journal of Ethnopharmacology*, 64 (3), 195-210.

Yılmaz, G., Telci, İ., Kandemir, N. ve Özdamar, M., 2007, Bazı Keten Çeşitlerinin Tokat Koşullarındaki Performansları. 1, *Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu Bildiri Kitabı*, Samsun, p. 126-132.

Yoo, K. M., Lee, K. W., Park, J. B., Lee, H. J. ve Hwang, I. K., 2004, Variation in Major Antioxidants and Total Antioxidant Activity of Yuzu (Citrus junos Sieb ex Tanaka) During Maturation and Between Cultivars, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 52 (19), 5907-5913.