SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ

T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI SICAKLIKLARDA KAVRULMUŞ CHİA (*Salvia hispanica* L.) TOHUMU YAĞININ BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ, YAĞ ASİTLERİ BİLEŞİMİ VE FENOLİK BİLEŞENLERİ ÜZERİNE FARKLI EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİNİN ETKİSİ

Ayşe Nur ERDEM

YÜKSEK LİSANS

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ayşe Nur ERDEM tarafından hazırlanan "**Farklı sıcaklıklarda kavrulmuş Chia** (*Salvia hispanica* L.) **tohumu yağının biyoaktif özellikleri, yağ asitleri bileşimi ve fenolik bileşenleri üzerine farklı 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. Hüseyin ERTEN	……..

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması S.Ü. BAP tarafından 19201107 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.

Ayşe Nur ERDEM

Tarih: 16.06.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

FARKLI SICAKLIKLARDA KAVRULMUŞ CHİA (*Salvia hispanica* L.) TOHUMU YAĞININ BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ, YAĞ ASİTLERİ BİLEŞİMİ VE FENOLİK BİLEŞENLERİ ÜZERİNE FARKLI EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİNİN ETKİSİ

Ayşe Nur ERDEM

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN

2021, 51 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN
Prof. Dr. Mustafa KARAKAYA
Prof. Dr. Hüseyin ERTEN

Bu çalışmada, Chia tohumları Konya'da yerel bir marketten temin edilmiştir. Chia tohumları 90°C ve 120 °C'de kavrulmuştur. Soğuk pres, Soxhlet ekstraksiyon ve ultrasonik-destekli ekstraksiyon yöntemleri ile kavrulmamış ve kavrulmuş Chia tohumlarının yağı elde edilmiştir. Kavrulmamış ve kavrulmuş tohumlarda toplam fenol, flavonoid, antioksidan, karotenoid ve fenolik bileşen analizleri yapılmıştır. Elde edilen yağların yağ asidi kompozisyonu, asitlik, peroksit ve viskozite analizleri yapılmıştır. Kavurma sıcaklığı arttıkça Chia tohumunun nem içeriği azalırken, yağ verimi oranının da sıcaklığın artışına bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kavurma sıcaklığının uygulanmasının tohumların antioksidan değerleri üzerine önemli farklılıklar meydana getirdiği gözlemlenmiştir ($p<0.01$). En yüksek antioksidan değerinin %80.13 ile 90 °C'de kavrulmuş Chia örneğine ait olduğu belirlenmiştir. Chia tohumu fenolik bileşen sonuçları incelendiğinde; kersetin, kateşin, resveratrol ve ısorhamnetin içerikleri ana bileşen olarak tespit edilmiştir. Kavurma işlemi uygulamasının; kersetin ve resveratrol düzeylerinde azalmaya sebep olduğu gözlemlenmiştir. Kavurma sıcaklığı arttıkça soğuk pres ve Soxhlet yöntemi ile elde edilen yağların peroksit sayılarında artış gözlemlenmiştir. Chia yağı yağ asidi kompozisyonu sonuçları incelendiğinde; sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistikí açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Chia tohumlarında en yüksek miktarda bulunan yağ asidi; linoleik ve linolenik asittir. Chia yağlarında linolenik asit içerikleri; %64.58 ile %68.10 arasında değişim göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoaktif özellik, Chia tohumu, fenolik bileşen, kavurma, *Salvia hispanica* L., yağ asitleri.

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECT OF DIFFERENT EXTRACTION METHODS ON BIOACTIVE PROPERTIES, FATTY ACID COMPOSITION AND PHENOLIC COMPONENTS OF ROASTED CHIA (*Salvia hispanica* L.) SEED OIL AT DIFFERENT TEMPERATURES

Ayşe Nur ERDEM

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, 51 Pages

Jury
Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN
Prof. Dr. Mustafa KARAKAYA
Prof. Dr. Hüseyin ERTEN

In this study, Chia seeds were obtained from a local market in Konya. Chia seeds were roasted at 90 °C and 120 °C. The oil of unroasted and roasted Chia seeds obtained by cold press, Soxhlet extraction and ultrasonic-assisted extraction methods. Total phenol, flavonoid, antioxidant, carotenoid and phenolic component analyzes were carried out in unroasted and roasted seeds. Fatty acid composition, acidity, peroxide and viscosity parameters of the oils were analyzed. It was determined that as the roasting temperature increased, the moisture value of Chia seeds decreased and oil yield rate increased. According to the results, it was observed that the application of roasting temperature caused significant differences on the antioxidant values of the seeds ($p<0.01$). It was determined that the highest antioxidant value belongs to the Chia sample roasted at 80.13% and 90 °C. As a phenolic components of Chia seeds, quercetin, catechin, resveratrol and isorhamnetin were determined as the main component. It was observed that of roasting application caused a decrease in quercetin and resveratrol values. As the roasting temperature increased, the peroxide values of the oils obtained by cold press and Soxhlet increased. The differences between the fatty acid composition of the Chia oils found to be statistically significant ($p<0.01$). The highest fatty acids in Chia seeds were linoleic and linolenic acid. Linolenic acid contents in Chia oils varied from 64.58% to 68.10%.

Keywords: Bioactive property, Chia seed, fatty acids, phenolic component, roasting, phenolic component, *Salvia hispanica* L.,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca tecrübe ve bilgi birikimlerini benden esirgemeyen, bana yol gösteren kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Mehmet Musa Özcan'a, laboratuvar çalışmalarında bilgi ve tecrübesinden yararlandığım ve her zaman olumlu ve yapıcı eleştirileriyle beni yönlendiren değerli hocam Arş. Gör. Dr. Nurhan Uslu'ya teşekkür ederim. Ayrıca bu sürecin başından sonuna kadar yanımda olan desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşlarıma, tüm eğitim hayatım boyunca her türlü imkânı sunarak yanımda olan babam Ali ERDEM, annem Hacer ERDEM ve kardeşlerime sonsuz teşekkür ederim.

Ayşe Nur ERDEM
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

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

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **12**

3.1. Materyal 12
3.2. Yöntem 12
3.2.1. Yağ ekstraksiyonu 12
3.2.2. Yağ asidi kompozisyonu tayini 13
3.2.3. Ekstrakt çıkarma 14
3.2.4. Antioksidan 14
3.2.5. Toplam fenol ve flavonoid içeriği 14
3.2.6. Fenolik bileşen 15
3.2.7. Karotenoid 15
3.2.8. Serbest asitlik 16
3.2.9. Peroksit tayini 16
3.2.10. Viskozite 16
3.2.11. Nem 16
3.2.12. İstatistiksel analizler 16

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **18**

4.1. Chia Tohumunun Biyoaktif Özellikleri 18
4.2. Fenolik Bileşen Analiz Sonuçları 22
4.3. Serbest Yağ Asitleri, Peroksit Sayısı, Viskozite ve Yağ Verimi Analizi 27
4.4. Yağ Asidi Kompozisyonu 34

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **41**

5.1 Sonuçlar 41
5.2 Öneriler 43

KAYNAKLAR **44**

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
℃	: Derece
cm	: Santimetre
g	: Gram
kg	: Kilogram
m	: Metre
meq	: Miliekivalan
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
nm	: Nanometre
O_2	: Oksijen
V	: Hacim
µl	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre

Kısaltmalar

DHA	: Dokosaheksaenoik aside
dk	: Dakika
EPA	: Eikosapentaenoik asit
mPa	: Milipaskal
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
s	: Saniye

1. GİRİŞ

Chia tohumu (*Salvia hispanica* L.), Lamiaceae familyasına ait, anavatanı güney Meksika'dan kuzey Guatemala'ya kadar uzanan tek yıllık otsu bir bitkidir (Ergene ve Bingöl, 2019). Milattan önce 3500'lü yıllardan itibaren Aztek ve Mayalılar tarafından kullanıldığı bilinmektedir (Ulbricht ve ark., 2009). Geleneksel olarak, Chia tohumları Aztekler ve Maya halkı tarafından, halk ilaçları ve yiyecek hazırlanmasında kullanılmıştır (Armstrong, 2004). Günümüzde Chia bitkisi Meksika, Bolivya, Arjantin, Ekvator ve Guatemala'da ticari olarak yetiştirilmektedir (Ixtaina ve ark., 2008). Geçmişi Aztek ve Maya'lara kadar uzanan Chia tohumunun yıllık üretimi dünya genelinde 30 000 ton civarındadır (Goh ve ark., 2016; Timilsena ve ark., 2016).

Tarımsal olarak Chia bitkisi büyüme-gelişme için 11-36 °C arasındaki sıcaklıklara ihtiyaç duyarken optimum gelime koşulları Bochicchio ve ark. (2015) tarafından 16-26 °C arası olarak belirlenmiştir. pH 6,0-8,5 ile kumlu ve iyi drenajlı topraklarda yetiştiği ve zayıf bitki besin maddesi içeren topraklara adapte olabildiği de belirtilmiştir (Yeboah ve ark., 2014). Chia bitkisi tuz konsantrasyonlarına karşı dirençli olup, tuzlu topraklarda yetişen bitkilerin tohum yağı önemli ölçüde azalmaktadır (Heuer ve ark., 2002). Bitki, makul miktarda tuz ve asit toleransıyla, çok iyi drene olmuş kil ve kumlu topraklarda yetişebilme özelliğine sahiptir (Ullah ve ark., 2016).

Chia tohumu yapısındaki esansiyel besin ögelerinden dolayı, fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmektedir (Segura-Campos ve ark., 2014b). Fonksiyonel gıdalar sağlıklı yaşamın bileşenleri olarak son yıllarda oldukça ilgi görmüştür. Fonksiyonel terimi fizyolojik faydalar sağlaması için düzenli tüketilen bir yiyeceğe atıfta bulunmak veya temel besin fonksiyonlarına ek koroner hastalık riskini azaltmak için kullanılır. Fonksiyonel gıdalar, kimyasal bileşiminde bulunan besin maddelerine ek olarak sağlık açısından yararlıdırlar ve onlar kronik hastalık riskini azaltıcı potansiyel rol oynarlar (Pacheco ve Sgarbieri, 2001; Al-Sheraji ve ark., 2013).

Chia tohumu, diğer tohumlarla kıyaslandığında yüksek düzeyde lipit, protein ve lif içeriğine sahiptir. Chia tohum bileşeninden biri olan lif, yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle emülgatör olarak diğer ürünlerin üretimi için önemlidir (Coelho ve Salas-Mellado, 2014). Chia tohumu ve Chia tohumundan elde edilen ürünler, gıda sanayinde işlevsel hammadde olabilmelerinin yanı sıra, formülasyonlarına uyarladıkları gıdaların besleyici değerini arttırırlar (Özbek ve Yeşilçubuk, 2018).

Chia tohumları; tüketicileri kardiyovasküler hastalıklar ve bazı kanserler gibi olumsuz koşullara karşı koruyan polifenoller, klorojenik ve kafeik asitler, mirisetin, kersetin ve kamferol varlığından dolayı umut verici bir antioksidan kaynağıdır (Ayerza ve Coates, 2001a; Craig ve Sons, 2004; Reyes-Caudillo ve ark., 2008; Ixtaina ve ark., 2011). Diğer taraftan; tohum toplam ağırlığın % 35'den fazlasında çözünür ve çözünür olmayan diyet lifini içerir. B vitaminleri ve minerallerin zengin bir kaynağıdır (Orona-Tamayo ve ark., 2017). Son yıllarda Chia tohumu yüksek α-linolenik yağ asidi içeriği ile insan sağlığı ve beslenmesinde giderek daha önemli hale gelmiştir (Coates, 2011). Klinik çalışmalar Chia tohumu tüketiminin Tip 2 diyabet ve kardiyovasküler hastalıkların metabolik kontrolünü ve ayrıca obezitede ağırlık kaybını sağlayabileceğini belirlemiştir (Schilling, 2018; Yurt ve Gezer, 2018). Chia tohumunun alerjik olmadığı, herhangi bir toksik etki göstermediği ve gıdalara katılarak tüketilebilir olduğu yapılan bilimsel çalışmalarla ispatlanmıştır. Chia tohumunun bir diğer önemli özelliği ise; gluten içermemesidir. Bu özelliğiyle de gluten alerjisi olan bireyler için alternatif bir gıda olmaktadır (Bueno ve ark., 2010).

Chia tohumu; yaklaşık %15-24 protein, %26-41 karbonhidrat ve %25-40 düzeyinde yağ içermektedir (Orona-Tamayo ve ark., 2017). Chia tohumu, zengin bir doymamış yağ asidi kaynağıdır. Chia tohumu yağı, bilinen çoğu doğal kaynaklardan daha yüksek oranda omega-3 içerir (Ayerza, 1995; Coates, 1996). Yağın n-6/n-3 oranı 0.3 olarak belirlenmiş olup, bu oranın düşük olması ile kardiyovasküler hastalık riskini azaltıcı etki gösterebilmektedir (Timilsena ve ark., 2017). Çoklu doymamış yağ asitlerinin içeriği yaklaşık; %83'tür. Linoleik asit miktarının yaklaşık %18, α-linolenik asit miktarının ise yaklaşık %64 olmasıyla; ayçiçeği, kolza, zeytin ve soya gibi genel bitkisel yağlar arasında benzersizdir. Chia yağı aynı zamanda α-linolenik asit içeriği %53.3 olan keten gibi daha az yaygın bitkisel yağlardan yüksek miktarda çoklu doymamış yağ asidi içeriği ile niteliksel olarak farklıdır (Bhatty, 1993). Chia tohumunun yağ içeriği ve yağ asidi kompozisyonu mevsimsel şartlar, yetiştirme koşulları, genotip ve coğrafik özelliklerden etkilenmektedir (Ayerza, 1995; Timilsena ve ark., 2016).

Tohum yağları; endüstriyel olarak mekanik presleme veya organik çözücü yardımı ile ekstrakte edilmektedir. Endüstriyel olarak solvent ekstraksiyon işleminde, tohumlardan yağ ekstrakte etmek için çözgenler kullanılmaktadır. Son yıllarda solvent ekstraksiyonuna alternatif olarak bazı denemeler yapılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara bakıldığında ultrasonik-destekli ekstraksiyonun

umut verici yöntemlerden birisi olduğu ortaya konmuştur. Ultrason, verimliliği artırmak ve işlem süresini azaltmak için yağ çıkarma işlemlerinde kullanılma potansiyeline sahiptir (Li ve ark., 2004; Yalçın ve ark., 2019). Ultrason destekli ekstraksiyon, ekstraksiyon verimliliğini artırarak bitkiye solvent penetrasyonunu kolaylaştırabilir ve hücre içi ürün salımına izin verebilir. Ultrason; ayrıca ekstraksiyon için kullanılan çözücüyü karıştırır, böylece çözücünün numune matriksine daha fazla nüfuz etmesine izin vererek çözücü ile hedeflenen bileşikler arasındaki temas yüzey alanını arttırır (Shalmashi, 2009).

Değişik ekstraksiyon işlemleri, yağın bileşimlerinde belirli farklılıklara yol açabilir. Bu yüzden tüketiciler saf yağların, rafine yağlardan daha sağlıklı olduğunu varsayarlar. Aslında, saf yağların işlenmesi sırasında ekstraksiyon işlemi, tokoferoller, steroller, karotinoidler ve fenolik bileşikler gibi yağda çözünen tüm bileşenleri korur. Sonuçta duyusal tat ve koku algılanır, bunun yanı sıra bitkinin kendisine has renkte yağlar elde edilir (Matthäus ve Spener, 2008).

Bu çalışmada, kavrulmamış ve 90 °C ile 120 °C'de kavurma işlemi uygulanmış Chia tohumlarının (*Salvia hispanica* L.) ultrasonik-destekli ekstraksiyon, Soxhlet ekstraksiyon ve soğuk pres yöntemleriyle yağı elde edilmiştir. Bu çalışmanın amacı; farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen yağların, bazı kimyasal özellikleri ile yağ asitleri bileşimi üzerine çeşitli kavurma sıcaklıklarının etkisini belirlemek ve aynı zamanda değişik sıcaklıklarda kavrulmuş tohumların toplam fenol, flavonoid, antioksidan ve fenolik bileşen içeriklerinin belirlenmesini sağlamaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Chia sözcüğü; “Chian” kelimesinin “yağlı” olduğu anlamına gelen çok eski bir Aztek dili olan Nahuatl'dan gelmektedir (Imran ve ark., 2016). Mezoamerikan toplumlarda, Chia tohumu suya eklenerek lapa gibi veya farklı tahıllardan elde edilen unlar ile karıştırılarak pişirilmiştir (Valdivia-López ve Tecante, 2015). Aztek ve Maya’ların Chia tohumunu, geleneksel tıbbın bir parçası olarak ilaç yapımında, tohum yağlarının ayrıştırılmasıyla boya elde edilmesinde, savaşçıların güç ve dayanıklılığının artırılması amacıyla kullandığı bilinmektedir. Chia tohumu, o dönemlerde mesaj taşıyan habercilerin enerji vermesi amacıyla sıklıkla tükettiği bir gıda olduğu için, Azteklilerin tarafından yolcu gıdası olarak tanımlanmıştır (Muñoz ve ark., 2013).

Chia üretimi Bolivya ve Paraguay gibi belirli bölgelerde yapılırken, son on yılda Meksika, Avustralya ve Arjantin gibi diğer ülkeler de Chia yetiştirmeye başlamışlardır (Orona-Tamayo ve ark., 2017). 2013 yılında ton fiyatı 8.000-12.000$ gibi yüksek bir değere ulaşılmış ve ardından 2014 yılında üretime olan talep artmıştır. Orona-Tamayo ve ark. (2017), dünya çapındaki Chia üretimini tespit etmişler ve bu tespite göre; 2014 yılında üretimde artış yaşandığı net olarak görülmüştür. Bolivya, bu tohumu yüksek miktarlarda ihraç eden, Chia’nın en büyük üreticileri arasında yer almaktadır. Aynı zamanda 2013 yılında Bolivya’nın en büyük üretici olduğu, 2014 yılında ise Arjantin’deki üretimin en fazla olduğu görülmüştür (Koç, 2018).

Chia; tropik veya ılıman iklimlerde yetişen tek yıllık ve hermafrodit bir bitkidir. Chia bitkisi yaz aylarında çiçeklenir ve bu bitkinin boyu yaklaşık bir metre, yapraklarının uzunluğu 4-8 cm ve genişliği 3-5 cm’i bulabilmektedir. (Yurt ve Gezer, 2018). Chia bitkisi; mor veya beyaz çiçekler açar. Chia bitkisinin tohumları tipik olarak çok küçük ve oval şekillere sahiptir. (Koç, 2018). Tohumlar oval, pürüzsüz ve parlaktır ve renkleri siyah, gri ve siyah ile beyaz arasında; boyutları 1 mm ile 2 mm arasındadır (Ayerza ve Coates, 2005).



Şekil 2.1. Chia tohumu

Chia (*Salvia hispanica* L.) bitkisinin, diğer *Salvia* türleriyle olan benzerlik ve farklılıkları; *Salvia* türleri genellikle Akdeniz iklim kuşağında yetiştirilebilen adaptasyon sınırları geniş, çok yıllık, keskin kokulu bitkilerdir. Birçok *Salvia* türü uzun gün bitkisi olma özelliğine sahip iken *Salvia hispanica* L. kısa gün bitkisidir (Orozco de Rosas ve ark., 2014). Chia; tek yıllık, nötr kokulu, adaptasyon sınırları dar ve çevresel koşullara toleransı sınırlı bir bitki türüdür (Ayerza ve Coates, 2004). Chia, Güney Amerika kıtasında yayılış göstermekte olup, ticari amaçlı yetiştiriciliği yapılmaktadır (Ayerza ve Coates, 2001b). Chia tohumları sonbahar sonunda olgunlaştığından, ülkemizde yetiştiriciliğinin yapılması zorlaşmaktadır. Fakat *Salvia hispanica L.* dışındaki birçok *Salvia* türü ülkemizde doğal olarak yayılış göstermekte ve geniş yayılış alanına ve çevresel koşullara karşı toleransa sahip olduğu bilinmektedir (Thanos ve Doussi, 1995).

Chia tohumunun bileşenlerinde değişikliğe neden olabilecek birçok faktör vardır. Bitkinin ekim alanı, iklim değişiklikleri, hasat yılı, toprak koşullarına bağlı olarak Chia tohumunun toplam yağ içeriği %25-40 arasında değişim gösterebilmektedir (Mohd Ali ve ark., 2012). Ayerza ve Coates (2011); farklı ülke ve farklı koşullarda yetiştirilen Chia tohumu bileşenlerinde oluşan değişimi incelemişlerdir. Yükseltinin artmasıyla protein içeriğinin, sıcaklığın artmasıyla da çoklu doymamış yağ asitlerinin azaldığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca düşük rakımda yetiştirilen Chia tohumu yağlarının, yüksek rakımdakilerle kıyaslandığında daha fazla doymuş yağ asidi içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Ayerza, 2010). Chia tohumlarının erken hasat edilmesiyle; α-linolenik asit içeriğinin %23 seviyesinde kayba uğradığı, linoleik asit ve lignin seviyelerinde ise artış olduğu gözlemlenmiştir (Peiretti ve Gai, 2009). Chia bitkisinin yetiştiği arazinin denizden yüksekliğin azalması ve ortam ısısının artması doymuş yağ

asidi seviyesinde artışa neden olabilmektedir. Nisan-Mayıs aylarında gelişen tohumların, hava sıcaklığındaki artışa bağlı olarak çoklu doymamış yağ asidi miktarlarında düşüş olabilmektedir (Ayerza, 2009).

Doğal arazi koşullarında yetiştirilen Chia tohumlarının doymuş yağ asitlerinden miristik asit içeriği, oldukça yüksek miktardadır. Sera koşullarında yetiştirilen Chia tohumlarında ise palmitik asit ve stearik asit içeriği yüksektir. Omega yağ asitlerinden; linoleik asit (omega-6) içeriği doğal arazi koşullarında yetiştirilen Chia tohumlarında daha fazla miktardayken; palmitoleik asit(omega-7), oleik asit (omega-9), linolenik asit (omega-3) içeriği ise sera koşullarında yetiştirilen Chia tohumlarında daha fazla miktardadır. Farklı koşullarda yetiştirilen Chia tohumları, çok az miktarlarda doymuş yağ asitlerinden miristik, palmitik ve stearik asit içermekte olup, fazla miktarlarda omega yağ asitlerinden Palmitoleik asit (omega-7), oleik asit (omega-9), linoleik asit (omega-6), linolenik asit (omega-3) içermektedir (Erim, 2019).

Chia tohumu; ortalama %30-35 seviyesinde yağ içermektedir (Muñoz ve ark., 2013). Chia'nın özellikleri ve olası kullanımlarındaki son değerlendirmeler yüksek düzeyde yağ içeriğine (%32) sahip olduğunu ve bunun %60'ının tüketici sağlığına çeşitli faydaları olan bir yağ asidi çeşidi omega-3 ile ilişkili olan linolenik asit olduğunu göstermiştir (Rosamond, 2002).

Chia tohumu, omega-3 içeriği ile gıdaların zenginleştirilmesinde kullanılabilecek en önemli kaynaklardan biridir (Ayerza ve Coates, 2001b). Yüksek miktarda omega-3 içeren Chia tohumu tüketiminin kolesterol düşürme, diyabetle mücadele, kanserle mücadele etkileri gibi konular, bilimsel bazı araştırmalara yansımıştır (Ayerza ve Coates, 2007; Espada ve ark., 2007; Vuksan ve ark., 2007). Chia tohumu n-3 yağ asitlerinin doğal bir kaynağı olarak kan trigliseridini düşürebilmekte ve α-sterol içeriği sayesinde kan kolesterol düzeylerinin düzenlenmesinde etkili olabilmektedir (Guevara-Cruz ve ark., 2011; Alonso-Calderón ve ark., 2013). Chia tohumlarının tüketilmesinin; serum trigliseridlerini ve düşük yoğunluklu lipoprotein miktarını önemli ölçüde azalttığı ve ayrıca yüksek yoğunluklu lipoprotein miktarını arttırdığı bildirilmiştir (Ayerza ve Coates, 2007).

Chia tohumundaki n-6/n-3 oranı; diğer bitkisel yağlarla mısır (76.5), kanola (2.2), soya (6.7) ve zeytinyağı (17.8) ile kıyaslandığında oldukça düşüktür (Álvarez-Chávez ve ark., 2008). Chia tohumu ve ekstrakte edilen yağı, çoklu doymamış yağ asitlerini arttırmak ve et ile yumurtadaki kolestrol seviyelerini azaltmak için hayvan yemlerinde güvenle kullanılmaktadır(Antruejo ve ark., 2011). Ayrıca, insan diyetlerinde

dengeli bir n-3 ve n-6 esansiyel yağ asitleri kaynağı; astım, koroner kalp hastalığı, birçok kanser türü, otoimmünite ve nörodejeneratif hastalıkların önlenmesinde etkilidir (Simopoulos, 2002). Aslında, bu bozukluklara diyetteki fazla miktarda n-6 yağ asidi neden olur ve n-3 yağ asidi alımı tarafından baskılanır (Simopoulos, 2002). Orona-Tamayo ve ark. (2017), Chia yağının içerdiği omega-3 ve omega-6 yağ asitlerinin epidermal bariyer görevi görerek, melanin hiperpigmentasyonunu engellemesi nedeniyle önemli faydalarından birinin de cilt üzerine uygulanması olduğunu bildirmişlerdir. Bu doğrultuda kozmetik ve farmasötik endüstrilerine fayda sağlayabileceği ileri sürülmüştür.

Chia tohumu yağının 100 g'ı, 60–62 g elzem yağ asitlerinden olan α-linolenik asit (C18:3n-3) n–3 yağ asidini içerir. Linoleik ve α-linolenik asitler normal büyüme, sağlığı geliştirme ve hastalığa karşı direnç için gereklidir (Carvalho ve ark., 2011). Chia yağının α-linolenik asit içeriğinin yüksek olması sebebi ile, balık ve balık ürünlerine alerjisi olan kişiler ve vejetaryenlar için omega-3 kaynaklarına bir alternatif olabileceği belirlenmiştir (Ayerza ve Coates, 2004). α-Linolenik asit, vücutta metabolize olarak diğer önemli n-3 yağ asitlerinden olan eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik aside (DHA) dönüşmektedir. İnsan beyninde oldukça yüksek düzeylerde bulunan n-3 yağ asidi, DHA'dır. DHA; insan beynindeki yağ asitlerinin %40'ını oluşturur, EPA ise %1'den az bir kısmını oluşturmaktadır. EPA ve DHA; beyin hücrelerinin metabolizmalarını düzenlemek, beyin hücrelerinin elastikiyetlerini modüle etmek, beyindeki hücre zarlarının geçirgenliğini arttırmak gibi etkileri başta olmak üzere, pek çok klinik etkisi kanıtlanmış yağ asitleridir (Luchtman ve Song, 2013; Dunbar ve ark., 2014). Beyin hücrelerinde DHA seviyesinin düşmesinin; depresyon, hafıza kaybı, Alzheimer, şizofreni ve görme bozuklukları gibi problemlerin de ortaya çıkmasına sebep olduğu bildirilmiştir (Çakmakçı ve Tahmas-Kahyaoğlu, 2012).

Antioksidanlar; oksidatif reaksiyonlara duyarlı substratların oksidasyonunu önleyebilen bileşiklerdir. Devre dışı bırakmayı hedefledikleri bileşiği tespit edebilirler. Hücre içinde çok az miktarlarda bile, serbest radikallere karşı etkili aktivite gösterebilirler (Kaya, 2019). Antioksidan maddeler, savunma sistemini harekete geçirmek için organizma tarafından kullanılmaktadır (Radak ve ark., 2008). Antioksidanlar, yağların oksidasyonunu yavaşlatır ve canlılardaki serbest radikalleri nötralize edip, hücrelerin etkilenmesini engelleyen ve kendini yenilemesini sağlayan maddelerdir (Gök ve Serteser, 2003). İnsan sağlığına faydalı birçok antioksidan madde bulunmaktadır. Bu antioksidan maddelerin bir kısmı insan vücudunda üretilirken, bir

kısım antioksidan maddeyi de gıdalarla dışarıdan almamız gerekmektedir. Vücut bu maddeleri savunma amaçlı üretir. Doğal antioksidanların kaynağı ve kullanımı ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Bitki ve baharatların bazılarının antioksidan kapasitelerinin, sentetik antioksidanlardan daha fazla olduğu kanıtlanmıştır (Rice-evans ve ark., 1995).

Chia sık sık Chia tohumlu salata şeklinde tüketilir, içecekler, tahıl ve salata sosları olarak veya doğrudan tüketilebilir. 2000 yılında, ABD Diyet Rehberin'de Chia tohumunun günde en fazla 48 g tüketilmesi tavsiye edilmiştir. Avrupa Komisyonu; fırıncılık ürünlerinde Chia tohumunun kullanımının; %5'ten daha fazla olmaması gerektiğini belirlemiştir (Mohd Ali ve ark., 2012). Güncellenen 2013 yılı önerisine bakıldığında fırınlanmış ürünler, kahvaltılık tahıllar, meyve, kuruyemiş ve tohum karışımları %10'dan daha fazla Chia tohumu içermemelidir. Ayrıca; paketlenmiş ürün etiketinde; 15 g/gün'den daha fazla Chia tohumu içermediğine dair tüketiciye bilgi verilmesi gerekmektedir (Guevara-Cruz ve ark., 2011).

Tohumun su ile teması sonucu kabuktaki musilaj oluşturabilecek polisakkarit yapı, suyu tutarak tohum etrafında kapsül gibi bir jelatin yapı oluşturmaktadır (Moreira ve ark., 2012) . Müsilaj tohum kabuğunun dış kısmında yoğunlaşmış durumdadır ve tohumun kuru ağırlığının %5-6'nı oluşturmaktadır. Müsilaj yapısı, suda kolaylıkla çözünebilir (Ergene ve Bingöl, 2019). Bu jelatinimsi musilaj yapıda; ksiloz, glikoz ve 4-metil glukuronik asit gibi bileşenler bulunur (Yurt ve Gezer, 2018).

Chia musilaj jelinin, yağ yerine ikame edildiği bir çalışmada; kek için kullanılan yağın %25'i yerine, Chia musilaj jeli eklendiğinde kek görüntüsünün, dokusunun ve lezzetinin değişmediği gözlemlenmiştir (Felisberto ve ark., 2015). Gıda endüstrisinde, Chia tohumunun musilaj oluşturma etkisi; köpük yapısını daha stabil hale getirmek amacıyla; mayonez, soslar ve yoğurt gibi gıdalarda kullanılmaktadır (de la Paz Salgado-Cruz ve ark., 2013).

Optimum koşullar altında ekstrakte edilen Chia tohum müsilajının, dondurmada stabilizatör ve emülgatör olarak kullanıma uygun olduğu gözlemlenmiştir (Campos ve ark., 2016). Ayrıca dondurmaya ilave edilen Chia yağının, dondurmada omega-3 yağ asidi miktarını ve antioksidan özelliğini arttığı da gözlemlenmiştir (Ullah ve ark., 2017).

Chia tohumunun diğer önemli özelliği de, yağ üretiminde kullanılmasıdır. Açık renkli olması ve çok miktarda uçucu yağ içermesi, avantajdır. Ürünün esas uygulaması Omega-3'ün gıda takviyesi sağlayan kapsüllerinin üretilmesidir. Yağı aynı zamanda

Chia yapraklarından ekstrakte edilebilir ve koku olarak kullanılabilir (Ahmed ve ark., 1994; Beltran-Orozco ve Romero, 2003).

Son zamanlarda soğuk preslenmiş yağlar, tüketicilerin doğal ve güvenilir gıda maddesi olarak görmesi nedeniyle ticari olarak piyasada bulunmaktadır. Soğuk presleme aşamalarında, geleneksel vidalı presle geçilmeden önce hammaddeye ısı girmez ve böylece yağların doğal faydalı bileşenlerine daha az zarar verebilir. Bununla birlikte, soğuk presleme, kimyasal olarak kirletici olmayan bir ürünle sonuçlanan organik bir çözücü içermez (Parker ve ark., 2003).

Presleme ile yağ üretiminde, yağ verimini arttırmak için presleme öncesinde genellikle tohumlara bir ısıl ön işlem uygulanmaktadır. Yağ çıkarmadan önce tohuma uygulanan ısıl işlemin temel amacı, yağın viskozitesinin azalmasıyla yağ damlalarının birleşip büyümesi ve böylece daha kolay ekstraksiyon sağlanmasıdır. Hücre duvarlarının ısı etkisi ile çatlaması ve ayrıca proteinlerin denatüre olmasıyla hücre içi emülsiyonun kırılarak preslemenin kolaylaşması sağlanır (Bockisch ve Bockisch, 1998). Ayrıca kavrulmuş tohum ile elde edilen soğuk preslenmiş yağlar önemli bir özellik arz etmektedir. Çünkü bu tür ısıl işlem ile presleme sırasında antioksidanların daha iyi ekstrakte edilebilir ve açığa çıkan yağ, daha iyi bir oksidatif stabiliteye sahiptir (Matthäus ve Spener, 2008). Kavurma; ayrıca hücresel matristen antioksidan görevi görebilen p-kumarik asit ve hidroksibenzoik asit gibi fenolik bileşenleri serbest bırakır (Talcott ve ark., 2005).

Başka bir ekstraksiyon yöntemi olan, Soxhlet ekstraksiyonu katı veya yarı-katı numuneler için uygundur. Soxhlet ekstraktörü; eski ekstraksiyon sistemlerinden biri olmasına rağmen hala yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Soxhlet ekstraktörü, bir solvent şişesi, sifon (bir sıvı akış borusu), yoğuşturucu (soğutulmuş bir kondansör) ve ısıtma sisteminden meydana gelmiştir. Soxhlet ekstraksiyonunda yağ elde etmek için, çözgenler kullanılır. Soxhlet ekstraksiyonu kullanımının avantajlarından biri; örnek sürekli olarak solvent ile temas halindedir. Böylece örnek, çözücüye daha iyi nüfus eder. Distilasyon balonuna uygulanan ısıyla, sistemin sıcaklığı oda sıcaklığından daha yüksek olur. Sistem bu yüksek sıcaklıkta değişmeden kalır. Düşük maliyetli basit ekipman kullanılması diğer avantajlarından biridir. Dahası, Soxhlet ekstraksiyonu az uğraş gerektiren çok basit bir yöntemdir. Soxhlet ekstraksiyonunun diğer teknikleriyle karşılaştırıldığında en önemli dezavantajları, uzun zaman gerektirmesi ve fazla miktarda çözücü kullanılmasıdır. Çok miktarda kullanılan solventin zararsız hale getirilmesi

pahalıdır, ayrıca solvent kullanımı çevresel problemlere neden olabilir (Büyüktuncel, 2012).

Ultrason uygulamasında, kavitasyon kuvveti ile sıvıdaki kütle transferi artar. Patlayıcı kabarcıklar tarafından üretilen yüksek kayma derecesi, hücre duvarlarına zarar verir ve hücre içi bileşenlerin çözücüye geçmesine yardımcı olur. Ultrasonik-destekli ekstraksiyon yöntemi, hızlı, verimi yüksek, düşük sıcaklıklarda uygulandığından ekstraktların termal zararlanmasını önleyerek biyoaktif bileşiklerin yapısal ve moleküler özelliklerinin korunumunda oldukça etkilidir. Sıralanan avantajları nedeni ile yağ endüstrisinde ideal bir seçenek olarak görülmektedir (Yalçın ve ark., 2019).

Kırca (2019); farklı çeşitlere ait üzüm çekirdeklerine ısıl işlem (40 °C ve 80 °C) uygulamış ve soğuk pres yöntemiyle yağ ekstraksiyonunu gerçekleştirmiştir. Araştırma sonuçları uygulanan ısıl işlemin makul olduğunu ortaya koymuş olsa da, zengin fenolik madde ve antioksidan kapasite, düşük serbest yağ asitliği ve peroksit sayılarının korunması amacıyla düşük sıcaklıklarda çalışmanın avantajlı olduğu gözlemlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ısıl işlem, yağların viskozitelerinde çeşitli değişimlere neden olmuştur. Genel olarak ısıl işlem viskozitenin artmasına ve daha koyu renkli yağ elde edilmesine neden olmuştur. Sıcaklık artışının, yağların raf ömrü açısından önemli parametreler olan serbest yağ asitliği ve peroksit sayısının, tüm çeşitlerdeki değerini artırdığı gözlemlenmiştir. Yağların oksidatif stabilitesini sağlayan fenolik madde ve antioksidan kapasitelerinin ise sıcaklık artışıyla azaldığı tespit edilmiştir. Sıcaklık artışı; linoleik asit miktarlarında çok az bir azalmaya, oleik asit miktarlarında ise daha belirgin artışa yol açmıştır.

Menengiç meyve tohumu yağı eldesinde, tohuma uygulanan kavurma sıcaklığı artışı ile birlikte yağ ekstraksiyon verimi, toplam fenolik madde ve toplam karotenoid artarak sıcaklık artışından olumlu yönde etkilenmiştir. Diğer yağ asidi bileşenleri olan oleik asit (n-9), oleik asit (n-7) ve linoleik asit, kavurma sıcaklığına bağlı olarak çok az miktarlarda azalma, kalite parametrelerinden asitlik ve peroksit sayısı ise, kavurma sıcaklığına bağlı olarak çok az miktarlarda artış göstermiştir (Dalgıç ve ark., 2011). Başka bir çalışma da; yer fıstığının antioksidan kapasitesinin çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarında nispeten yüksek olduğu ve kavurma sonrasında ortalama %22 arttığı bulunmuştur (Talcott ve ark., 2005).

Şimşek (2009); ayçiçeği, haşhaş, keten, soya ve susam tohumlarına farklı kavurma sıcaklıkları uygulayarak, bu tohumlara ait yağların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ne şekilde etkilendiğini incelemiştir. Etüvde 90 °C'de kavrulan

numunelerde yüksek yağ verimi elde edilirken, 150 °C ve 210 °C'de, düşük yağ verimi tespit edilmiştir. Keten tohumu yağ örneğinde; etüvde kavrulma sıcaklığının artmasıyla birlikte peroksit sayısının arttığı tespit edilmiştir. Soya fasulyesi yağ örneklerinde ise; bu durumun tersi gözlemlenmiştir. Kavurma sıcaklığı artışı, yağlı tohumların viskozitelerinde her zaman sabit bir artış veya azalış göstermemiş, farklı sıcaklık ve çeşitlerde farklı tepkiler gözlemlenmiştir.

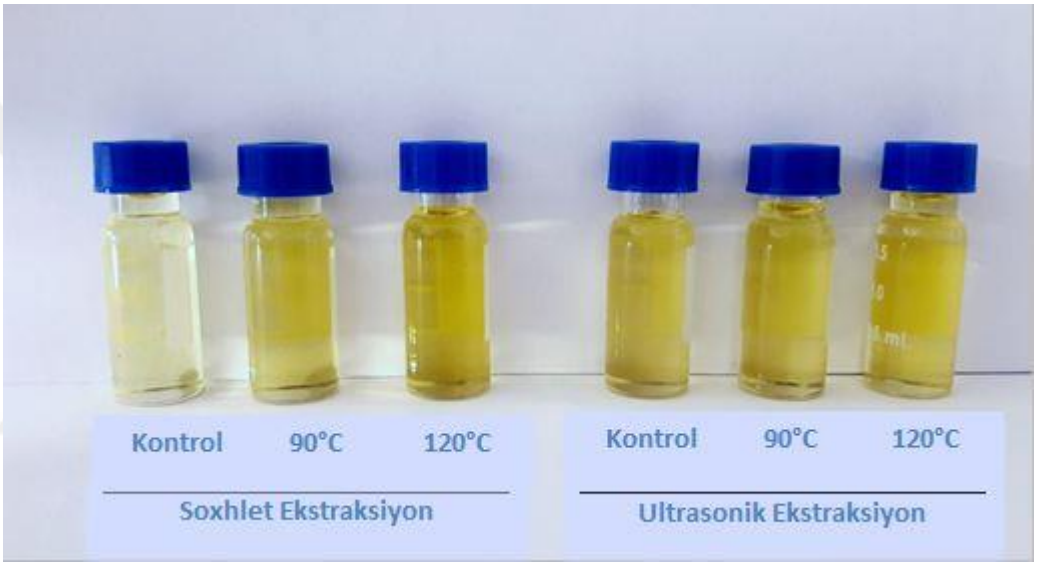
Ixtaina ve ark. (2011) pres ve solvent ekstraksiyon ile elde edilen Chia tohumu yağlarının yağ verimi, yağ asidi kompozisyonu fizikokimyasal ve kalite özellikleri üzerine çalışmalar yapmışlardır. Solvent ekstraksiyon ile elde edilen yağda yağ verimi; %33.6 bulunmuşken, pres ile elde edilen yağın yağ verimi %24.8 olarak tespit edilmiştir. Pres ile elde edilen yağ verimi, solvent ekstraksiyon ile tespit edilen yağ veriminden düşüktür. Buna rağmen Chia yağında, yağ veriminin çok yüksek olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte yağ asidi bileşimi; her iki ekstraksiyon ile elde edilen yağlarda benzerdir.

Yapılan bir çalışmada keten tohumundan yağ eldesinde; ultrasonik desteği uygulanmıştır. Keten tohumu yağı verimi, ekstraksiyon süresi ve ultrasonik gücün artması ile artmıştır. Ultrason-destekli ekstraksiyon; daha yüksek bir verim ve daha az bir çözücü tüketimi sağlamıştır. Ultrason kullanılarak, ekstraksiyon süresinin önemli ölçüde kısaltıldığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle, ultrason-destekli ekstraksiyon tekniğinin, keten tohumundan yağ ekstraksiyonunda çok etkili olduğu bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2008).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Chia tohumları Konya'da yerel bir marketten temin edilmiştir. Laboratuvara getirilen örnekler, yaprak, taş, toprak vb. yabancı maddelerinden temizlendikten sonra Soxhlet ekstraksiyon, ultrasonik-destekli ekstraksiyon ve soğuk pres yöntemleriyle yağları elde edilmiştir. Elde edilen yağlarda aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.



Şekil 3.1.1. Soxhlet ve ultrasonik-destekli ekstraksiyon ile elde edilen Chia yağları

3.2. Yöntem

Chia tohumları etüvde 90 °C ve 120 °C'de 1 saat 30 dk ısıl işleme maruz bırakılmıştır.

Etüvde kavrulan Chia tohumları ve kavrulmamış Chia tohumları (Kontrol) öğütücüde ayrı ayrı öğütülerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

3.2.1. Yağ ekstraksiyonu

Chia tohumlarında ultrasonik-destekli ekstraksiyon, petrol eteri kullanılarak Soxhlet ekstraksiyonu ve vidalı soğuk pres kullanılarak, analizlerde kullanılmak üzere yağları elde edilmiştir.

Öğütülen Chia tohumları 10 g kadar kartuşlara tartılmıştır. Soxhlet cihazı kullanılmış ve 5.5 saat sonra balona biriken miselladaki çözücü (eter) 40 ℃'de evaporatör yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Örneklerin yağ miktarı, sabit tartıma gelinceye kadar tartılmıştır (AOAC, 1990). Her bir örnek için yağ verimi hesaplaması aşağıdaki formül yardımıyla yapılmıştır.

$$\text{Yağ miktarı (\%)} = (\text{Son tartım} - \text{Dara})_{(g)} / (\text{Örnek miktarı})_{(g)} \times 100$$

Ultrasonik-destekli ekstraksiyon yönteminde; öğütülen örnekler 12 g filtre kağıtlarına tartılmış ve ağzı kapalı bir şekilde balonların içine koyup üzerine 200 ml eter eklenmiştir. 20 dk sonikasyon işlemi uygulandıktan sonra Soxhlet cihazına yerleştirilmiştir. 5.5 saat sonra balona biriken çözücü (eter) 40℃ 'de evaporatör yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Örneklerin yağ miktarı; sabit tartıma gelinceye kadar tartılmıştır (AOAC, 1990). Her bir örnek için yağ verimi hesaplaması aşağıdaki formül yardımıyla yapılmıştır.

$$\text{Yağ miktarı (\%)} = (\text{Son tartım} - \text{Dara})_{(g)} / (\text{Örnek miktarı})_{(g)} \times 100$$



Şekil.3.2.1.1. Araştırmada kullanılan vidalı soğuk pres

3.2.2. Yağ asidi kompozisyonu tayini

Chia tohumu yağı örneklerinin esterleştirme işlemi, ISO-5509 (1978) yöntemine göre; n-hekzan ve metanollü KOH kullanılarak yapılmıştır. Yağ asitlerinin metil esterleri, gaz kromatografisi cihazında (Shimadzu GC 2010) analiz edilmiştir. Bu

amaçla alev iyonlaştırma dedektörü (FID) ve kapiler kolon (Teknokroma TR CN100, P/N TR 882162 fused silika kolon, 60 m x 0.25 mm x 0.20 μm) kullanılmıştır. Dedektör ve enjeksiyon bloğu sıcaklıkları, 260 °C'dir. Mobil faz olarak azot gazı kullanılmış ve akış hızı 1.51 ml/dk olmuştur. Toplam akış hızı 80 ml/dk, split oranı 1/40 ml/dk'dır. Sıcaklık programı; 90 °C'de 7dk tut, 5 °C/dk artarak 240 °C'ye yüksel, bu sıcaklıkta 15 dk bekle şeklinde olmuştur.

3.2.3. Ekstrakt çıkarma

Chia tohumları, bir öğütücü yardımıyla öğütülmüştür. Ekstraksiyon için, santrifüj tüplerine tartılan 0.5 g örnek üzerine 5 ml asidik metanollü su (50:50 v/v; HCI, pH 2) eklenmiş ve çalkalamalı su banyosunda oda sıcaklığında 1 saat çalkalanmıştır. Daha sonra örneklere; 6000 rpm de, 10 dk sanrifüj işlemi uygulanmıştır. Metanol ekstraktı filtre edilmiş ve kalan çökeltinin üzerinde 5 ml aseton/su (70:30) eklenmiş ve 1 saat su banyosunda oda sıcaklığında bekletilmiş ve tekrar santrifüj (6000 rpm de 10dk) edilip aseton ekstraktı alınmıştır. Aseton ekstraktı ile metanol ekstraktı birleştirilmiştir (Abderrahim ve ark., 2015).

3.2.4. Antioksidan

Lee ve ark. (1998) yapmış olduğu çalışmaya göre; 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) kullanılarak yapılmıştır. Ekstrakt; buffer ve DPPH çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karanlıkta ve oda sıcaklığında 30 dk tutulan örneklerin absorbans değerleri; 517 nm'de ölçülmüştür.

3.2.5. Toplam fenol ve flavonoid içeriği

Toplam fenol içeriği, Chia tohumlarının fenolik maddelerin ekstraksiyonu yapıldıktan sonra spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Örneklerin toplam fenol içeriği, Yoo ve ark. (2004)'a göre; Folin Ciocalteu ayıracı kullanılarak belirlenmiştir. 0.5 ml ekstrakt Folin Ciocalteu ayıracı ve sodyum karbonat çözeltisi ile karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında ve karanlıkta 2 saat bekletilen örneklerin üzerine 5 ml saf su ilave edildikten sonra absorbans değerleri, 725 nm'de ölçülmüştür. Chia tohumları toplam

fenolik madde miktarları farklı konsantrasyonlardaki gallik asit çözeltilerinden hazırlanan kalibrasyon grafiği kullanılarak hesaplanmıştır (Zijp ve ark., 2000).

Toplam flavonoid içeriği, Dewanto ve ark. (2002)'a göre, tespit edilmiştir. Metanol ekstraktları, distile su ile seyreltilmiştir. Her test tüpüne, %5 $NaNO_2$ çözeltisi ilave edilmiştir. %10 $AlCl_3$ çözeltisinden ilave edilmiş ve sonra 1.0 M NaOH çözeltisinden eklenmiştir. Bu süre sonunda, toplam hacim su ile 5 ml oluncaya kadar doldurulmuş ve test tüpleri iyice karıştırılmıştır. Oluşan pembe renkli çözeltinin absorbansı, şahit örneğe karşı 510 nm'de ölçülmüştür. Kalibrasyon eğrisi standart olarak, Kateşin kullanılarak hazırlanmıştır. Flavonoid içeriği kuru ağırlık baz alınarak (mg CE/g DW) başına mg Kateşin eşdeğerleri (CE) olarak ifade edilmiştir.

3.2.6. Fenolik bileşen

Chia tohumu ekstraktlarının fenolik bileşen profili; yüksek performanslı sıvı kromatografisinde 280 nm'de gerçekleştirilmiştir.

Çalışma koşulları;

Cihaz : Shimadzu LC 10A vp, Kyoto, Japonya

Software : PC running Class VP chromatography manager software (Shimadzu, Japonya)

Enjeksiyon hacmi : 40 µl

Kolon : Inertsil ODS3 analitik kolon (GL Sciences, Japonya), (5µm, 25cm x 4.6mm i.ç.)

Hareketli faz : A (%2 formik asit sulu çözeltisi), B (methanol)

Akış hızı : 0.85 ml/dk

Dedektör : Shimadzu SPD-M20 A DiodeArray Dedektör

Sıcaklık : 40 °C

3.2.7. Karotenoid

Karotenoidler için ekstraksiyon işlemi, da Rocha ve ark. (2015)'a göre belirlenmiştir. 2 g örnek tartıldıktan sonra üzerine, 25 ml aseton eklenmiştir. Karışım 10 dakika boyunca çalkalanmış ve filtre kağıdı (Whatman No.1) kullanılarak süzülmüş,

ardından bir ayırma hunisi içine alınmıştır. Süzüntü, 20 ml petrol eteriyle fraksiyon haline getirilmiş ve asetonun uzaklaştırılması için 100 ml distile su ile yıkanmıştır. Bu işlemler iki kez tekrarlanmıştır. Petrol eterinin süzülmesi ve kalıntı suyu uzaklaştırmak için susuz sodyum sülfat (5 g) kullanılarak, Whatman No. 1 süzme kağıdı ile süzülmüştür. Ekstraktların hacmi, petrol eteriyle 25 ml'ye kadar tamamlanmıştır. Bu işlemlerden sonra absorbans 450 nm'de, spektrofotometrede ölçülmüştür.

3.2.8. Serbest asitlik

Chia yağ örneklerin serbest yağ asidi içerikleri; etanol/dietileter (1:2 v/v) çözeltisinde çözündükten sonra, 0.1 N KOH çözeltisine karşı titrasyonu ile % oleik asit cinsinden belirlenmiştir (AOCS, 2003).

3.2.9. Peroksit tayini

Yağların peroksit sayısı, Chia tohumu yağı örneklerine kloroform/asetik asit karışımı ilave edilerek karanlıkta Potasyum iyodür çözeltisi ile reaksiyonu sonrası açığa çıkan serbest iyodun sodyum tiyosülfat çözeltisine karşı titre edilmesi ile miliekivelan gram O_2/kg cinsinden belirlenmiştir (AOCS, 2003).

3.2.10. Viskozite

Sabit sıcaklıkta uygun şartlarda AND Sine-Wave Vibro Viscometer, 0.3 to 10000 mPa s, Model SV-10 cihazıyla ölçüm yapılmıştır (Lazaridou ve ark., 2004).

3.2.11. Nem

Yüzde nem içeriği; KERN Dbs 60-3 elektronik nem tayin cihazı ile belirlenmiştir.

3.2.12. İstatistiksel analizler

Yapılan araştırma sonuçları tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenmiştir.

Araştırma sonuçları Varyans analiziyle değerlendirilmiş (Minitab, 1991) ve gruplar arasındaki farklılıklar, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testiyle tespit edilmiştir (Düzgüneş ve ark., 1987).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Chia Tohumunun Biyoaktif Özellikleri

Kavrulmamış ve etüvde farklı sıcaklıklarda kavrulmuş (90 °C ve 120 °C) Chia tohum ekstraklarından elde edilen nem, toplam fenol, flavonoid ve antioksidan miktarlarına ait analiz sonuçları Çizelge 4.1.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1.1. Kontrol ve etüvde kavrulmuş Chia örneklerinin biyoaktif özellikleri

	n	Kontrol	90 °C	120 °C
Nem (%)	3	5.24±0.01^{a}	2.55±0.20^{b}	2.38±0.01^{b}
Toplam Fenol (mgGAE/g)	3	2.55±0.16	2.34±0.37	2.14±0.21
Flavonoid (mgCE/g)	3	14.61±0.79	13.71±0.70	12.91±0.49
Antioksidan (%)	3	65.44±0.47^{b}	80.13±1.14^{a}	75.84±1.71^{a}
Karotenoid (mg/g)	3	TE*	TE	TE

a-b arası farklı harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur.
*TE: Tespit edilememiştir.

Çizelge 4.1.1'de nem analiz sonuçları incelendiğinde Kontrol grubu Chia örneğinin nem içeriği %5.24 olarak tespit edilirken, 90 °C ve 120 °C'de kavrulmuş Chia tohumlarının nem içerikleri sırasıyla %2.55 ve %2.38 olarak bulunmuştur. Kavurma işleminin Chia tohumlarının içeriklerini azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 90 °C'de ve 120 °C'de kavurma işlemi uygulanan tohumların nem miktarları arasındaki fark istatistiki açıdan önemsizdir ($p>0.05$).

Toplam fenol içerikleri açısından Kontrol grubu örneğin toplam fenol içeriği; 2.55 mgGAE/g olarak bulunurken, 90 °C ve 120 °C'de kavrulmuş Chia örneklerinde toplam fenol içerikleri sırasıyla 2.34 mgGAE/g ve 2.14 mgGAE/g olarak tespit edilmiştir. En yüksek toplam fenol içeriği Kontrol grubu örnekde tespit edilirken, kavurma sıcaklıkları arttıkça toplam fenol içeriklerinde azalma gözlemlenmiştir.

Kontrol grubuna ait Chia örneğinin flavonoid içeriği; 14.61 mgCE/g bulunurken, 90 °C ve 120 °C'de kavrulmuş Chia örneklerinde flavonoid içerikleri sırasıyla; 13.71 mgCE/g ve 12.91 mgCE/g olarak tespit edilmiştir. En yüksek flavonoid içeriği Kontrol

grubu örnekte tespit edilirken, kavurma işleminin uygulanmasıyla flavonoid içeriklerinde azalma tespit edilmiştir.

Kontrol grubu Chia örneğinin antioksidan içeriği %65.44 olup, 90 °C ve 120 °C de kavrulmuş Chia örneklerin antioksidan içeriği sırasıyla %80.13 ve %75.84 olarak tespit edilmiştir. En yüksek antioksidan içeriği 90 °C'de kavrulmuş Chia örneğinde tespit edilmiştir. Kavurma işleminin uygulanmasıyla antioksidan içeriklerinde gözle görülür bir artış belirlenmiştir. Chia tohumlarının antioksidan analiz sonuçları arasındaki fark istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Chia tohum örneklerimizde karotenoid tespit edilmemiştir.

Sargi ve ark. (2013); Chia tohumunun nem içeriğini %7.86 olarak tespit etmişler ve bunun yüksek bir değer olduğunu bildirmişlerdir. Arjantin kaynaklı siyah Chia tohumlarının nem içeriği %6.19 olarak tespit edilmişken, beyaz Chia tohumlarının nem içeriği %5.71 olarak bulunmuştur (Tunçil ve Çelik, 2019). Yapılan çalışmalarda Chia tohumlarının yetiştirildikleri bölgeler farklı olmasına rağmen nem içerikleri benzerlik gösterdiği görülmüştür. Farklı çeşitlerde yapılan bir çalışmada Chia tohumlarının nem içerikleri %7.4, %6.2 ve %6.9 olarak tespit edilmiştir (Barreto ve ark., 2016). Chilean Chia tohumunun nem içeriği 5.82 (g/100g) olarak tespit edilmiştir (Marineli ve ark., 2014). Segura-Campos ve ark. (2014a); Meksika Chia tohumunun nem içeriğini %6.82 olarak tespit etmişlerdir. Tontul ve ark. (2018); Chia tohumunun nem içeriğini 7.47 g/100g olarak bulmuşlardır.

Chia örneklerinde Kontrol grubu örneğinin nem içeriğiyle ilgili sonuçlar, Barreto ve ark. (2016), Sargi ve ark. (2013), Tontul ve ark. (2018) ve Tunçil ve Çelik (2019)'in yapmış oldukları çalışmaların sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir.

Çiğ ve kavrulmuş Chia tohumlarının toplam fenol içerikleri sırasıyla; 3.07 ve 3.43 mgGAE/g olarak belirlenmiştir (Ghafoor ve ark., 2018). Tunçil ve Çelik (2019); Arjantin menşeyli beyaz ve siyah Chia tohumları karşılaştırılmış ve beyaz Chia tohumunun toplam fenol içeriği; 3.52±0.08 mgGAE/g ve siyah Chia tohumunun toplam fenol içeriği ise; 3.42±0.06 mgGAE/g olarak tespit etmişlerdir. Martínez-Cruz ve Paredes-López (2014); Chia tohumunun fenolik bileşen miktarını 1.64 mg GAE/g olarak tespit etmişlerdir. Marineli ve ark. (2014); Chia tohumunun toplam fenol miktarını 0.94 mg GAE/g olarak bulmuşlardır. Martínez-Cruz ve Paredes-López (2014)'ın yapmış olduğu çalışmada; Arjantin Chia tohumunda bulunan toplam fenol içeriğinin Marineli ve ark. (2014)'nın Chilean Chia tohumunda ve Martínez-Cruz ve

Paredes-López (2014)'ın Meksika Chia tohumunda bulmuş oldukları toplam fenol içeriğinden oldukça yüksektir.

Kontrol grubu ve 90°C ile 120°C de kavrulmuş Chia tohumlarının toplam fenol içerikleri sırasıyla 0.98, 0.91, 0.88 (mg GAE/100 g) olarak bulunmuştur (Ghafoor ve ark., 2020). Meksikanın Jalisco ve Sinaloa şehirlerinden temin edilen iki farklı Chia tohumunun ekstraktında toplam fenol miktarı sırasıyla; 0.92 ve 0.88 (mg/GAEg) olarak bulunmuştur. Bu değerler arasında önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Reyes-Caudillo ve ark., 2008). (Porras-Loaiza ve ark., 2014); farklı bölgelere ait Chia tohumlarının toplam fenol içeriklerini Chiapas, 0.69; Oaxaca, 0.71; Michoac 0.72; ve Puebla, 0.54 (mgGAE/g) olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlar, Chia'nın farklı bölgelerde yetişmesinin tohumun fenolik madde içeriğini etkilediğinin göstergesidir.

Scapin ve ark. (2016) farklı sıcaklıklarda ve farklı etanol konsantrasyonlarında Chia tohumu ekstraktları elde etmişlerdir ve elde edilen ekstraktlarda toplam fenol içeriğinin 0.860 ile 2.639 gGAE/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Reyes-Caudillo ve ark. (2008); Jalisco ve Sinaloa bölgelerinde yetişen Meksika Chia tohumlarının kavrulmamış ekstraktlarında yaptıkları toplam fenol analiz sonuçlarını sırasıyla; 0.881 mg/g ve 0.757 mg/g olarak bulunmuştur. Bu farklılıkların, tohumun fenolik içeriğinin hava ve hasat sonrası koşullar gibi birçok dış faktörlerden etkilenmesinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Kontrol grubumuza ait Chia tohumların toplam fenol içerikleri, Ghafoor ve ark. (2018) ve Tunçil ve Çelik (2019)'in sonuçlarına benzer bulunurken, Martínez-Cruz ve Paredes-López (2014) ve Marineli ve ark. (2014)'in sonuçlarına göre yüksek çıkmıştır.

Toplam fenol içeriğindeki bu farklılıklar, iki faktörden kaynaklanabilir. İlk olarak Chia tohumları farklı bölgelerden hasat edilmiştir ve üretim bölgeleri Chia tohumlarının kompozisyonunu önemli ölçüde etkilemektedir (Ayerza, 1995; Ayerza ve Coates, 2004; Ayerza, 2010; 2013). İkinci olarak ise farklı çalışmalarda fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için kullanılan yöntemler çeşitlidir ve farklı ekstraksiyon yöntemlerinin ölçülen Chia tohumlarının toplam fenolik içeriğini önemli ölçüde etkilediği bildirilmiştir (Scapin ve ark., 2016).

Kontrol grubu ve 90 °C ile 120 °C'de kavrulmuş Chia tohumlarının toplam flavonoid içerikleri sırasıyla; 17.62, 16.87, 15.43 (mg CE/100 g) olarak tespit edilmiştir (Ghafoor ve ark., 2020). Scapin ve ark. (2016) farklı sıcaklıklarda ve farklı etanol konsantrasyonlarında Chia tohumu ekstraktları elde etmişler ve bu ekstraktlarda toplam flavonoid içeriğinin; 0.055±0,162 g/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Başka bir

çalışmaya göre ise Chia tohumunun toplam flavonoid içeriği 84.95 mg/g' dir (Sarasvathi ve Dr Many 2017).

Kontrol grubu tohumunun flavonoid içeriği, Ghafoor ve ark. (2020)'a göre daha düşük çıkmıştır. Ghafoor ve ark. (2020)'nin yaptığı çalışmada da tohuma uygulanan kavurma sıcaklığı arttıkça flavonoid içeriğinde azalmanın meydana gelmesi sonuçlarımızla benzerlik göstermiştir. Scapin ve ark. (2016)'a göre Kontrol örneğimizin flavonoid içeriği, daha yüksek bulunurken; Sarasvathi ve Dr Many (2017)'e göre ise düşük çıkmıştır. Isıl işlemin uygulanmasıyla flavonoid içeriklerinde azalma meydana gelmiştir. Bununda muhtemel sebebi uygulanan sıcaklık derecesinin düşük olmasından kaynaklanmış olabilir. Bu durum; bağlı formdaki bileşiklerin çoğunun serbest hale gelmemesinden kaynaklanmış olabilir.

Kontrol grubu ve 90°C ile 120°C'de kavrulmuş Chia tohumlarının antioksidan içerikleri sırasıyla; %88.27, %85.76, %79.57 olarak bulunmuştur (Ghafoor ve ark., 2020). Martínez-Cruz ve Paredes-López (2014)'un yapmış oldukları çalışmada DPPH radikal sürücü aktivitesini; %68.83 olarak bulmuşlardır. Saptanan yüksek antioksidan kapasitesinin, fenolik asitler, izoflavonlar ve antosiyaninlerin fenolik bileşiklerinin varlığından kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Podsędek, 2007).

Noshe ve Al-Bayyar (2017)'nın yaptığı bir çalışmada farklı konsantrasyonların uygulandığı beyaz Chia tohumunda antioksidan içeriğinin %22.8-88.37 arasında değiştiği gözlemlenirken, siyah Chia tohumunda antioksidan içeriğinin %22.06-94.5 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Salvia hispanica fenolik ekstraktları; diğer salvia türlerinden (*Salvia caespitosa*, %41.3; *Salvia hypargeia*, %34.6; *Salvia euphratica* subsp. *euphratica*, %20.7; *Salvia sclarea*, %23.4; ve *Sofia candidissima* subsp. *candidissima*, %49.7) daha fazla antioksidan aktivite değeri göstermişlerdir (Tepe ve ark., 2006). Antioksidan aktivitede ki farklılıklar tohumların kimyasal bileşiminden veya biyokimyasal süreçteki küçük farklılıklardan kaynaklanabilir (Okada ve ark., 2010). Bulgular arasındaki farklılıklar ekstraksiyon işlemi için kullanılan ve Chia tohumlarının antioksidan aktivitesinin nihai sonuçlarını önemli ölçüde etkilediği gösterilen çeşitli tekniklerle ilişkilendirilebilir (Scapin ve ark., 2016).

Tunçil ve Çelik (2019); beyaz Chia tohumunun DPPH radikal süpürücü aktivitesinin (231.6±6.3 µmol Trolox eşdeğeri (TE)/g ekstrakt) siyah muadiline göre; (197.5±7.4 µmol TE/g ekstrakt) önemli ölçüde daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Chia tohumu ekstraktlarının antioksidan aktivite değerleri; 4.24 µmol trolox/g

(kavrulmamış) ve 3.31 µmol trolox/g (120 °C'de kavrulmuş tohum) olarak belirlenmiştir (Ghafoor ve ark., 2018).

Kontrol grubuna ait Chia tohumlarının antioksidan aktiviteleri Ghafoor ve ark. (2020), Martínez-Cruz ve Paredes-López (2014) ve Noshe ve Al-Bayyar (2017)'ın sonuçlarıyla benzerlikler göstermiştir.

Kontrol grubu ve 90°C ile 120°C'de kavrulmuş Chia tohumlarının sırasıyla toplam karotenoid içeriklerinin; 3.66, 2.56, 1.93 (mg/kg) olduğu tespit edilmiştir (Ghafoor ve ark., 2020). Chia tohumlarımızda karotenoid içeriği tespit edilmemişken, Ghafoor ve ark. (2020) Chia tohumlarında karotenoid içeriği tespit etmişlerdir. Sonuçların literatür bulgularına göre farklı çıkmasının sebebi; lokasyon farklılığından, iklim şartlarından, ergonomik faktörlerden ve uygulanan proseslerden kaynaklanmış olabilir.

4.2. Fenolik Bileşen Analiz Sonuçları

Kavrulmamış ve farklı sıcaklıklarda kavrulmuş Chia tohumu örneklerinin fenolik bileşen içeriklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.2.1'de verilmiştir. Chia tohumu fenolik bileşen sonuçları incelendiğinde; resveratrol, ısorhamnetin, kersetin, kateşin ve kamferol içerikleri ana bileşen olarak tespit edilmişken, sirinjik asit, p-kumarik asit, kafeik asit ve gallik asit gibi diğer fenolik bileşenlerin miktarlarının oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir.

Chia tohumlarının kamferol sonuçları incelendiğinde; Kontrol grubu örneğin kamferol içeriği; 7.82 mg/100g olarak belirlenirken, bu değerin 90 °C ve 120 °C sıcaklık uygulanması ile sırasıyla; 8.44 mg/100g ve 9.06 mg/100g düzeyine yükseldiği tespit edilmiştir. Chia tohumlarının ısorhamnetin sonuçlarına göre; kavrulmamış Chia örneğinin ısorhamnetin miktarı; 38.74 mg/100g olarak bulunurken, 90 °C ve 120 °C sıcaklıkta kavrulmuş Chia tohumlarının ısorhamnetin miktarları sırasıyla; 39.46 mg/100g ve 39.50 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Isorhamnetin miktarlarında sıcaklık uygulamasıyla kısmı farklılıklar olsa da, çok önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir.

Chia tohum fenolik bileşen analiz sonuçlarına göre; (+)-kateşin ve sirinjik asit içeriklerinde kısmi farklılıklar tespit edilmiştir. Kontrol grubu örneğin (+)-kateşin içeriği; 14.75 mg/100g olarak tespit edilirken, 90 °C'de ve 120 °C'de kavurma işlemi ile kateşin içeriğinin sırasıyla; 7.94 mg/100g ve 10.19 mg/100g düzeyine indiği gözlemlenmiştir. Kontrol grubu Chia örneğinin sirinjik asit içeriği; 3.18 mg/100g olup,

90 °C ve 120 °C'de kavrulmuş örneklerin sirinjik asit içerikleri ise sırasıyla 5.37 mg/100g ve 4.50 mg/100g şeklinde tespit edilmiştir.

Kersetin sonuçlarına bakıldığında; Kontrol grubu örneğin kersetin içeriği; 10.85 mg/100g olarak tespit edilirken, 90 °C'de ve 120 °C'de kavurma işlemi ile bu değerin sırasıyla 9.07 mg/100g ve 8.34 mg/100g değerlerine indiği gözlemlenmiştir. Chia Kontrol grubu ve 90 °C'de kavrulmuş Chia tohumlarının resveratrol içerikleri sırasıyla; 35.77 mg/100g ve 30.99 mg/100g olup, 120 °C'de kavrulmuş Chia tohumunun resveratrol içeriğinin ise; 2.21 mg/100g seviyesine indiği gözlemlenmiştir. Chia tohumlarında resveratrol içerikleri arasındaki farklar istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Chia tohumlarında kavurma sıcaklığının artışına bağlı olarak, kersetin ve resveratrol içeriklerinin azaldığı görülmüştür.

Chia tohum örneklerinin gallik asit içeriği; 1.02 mg/100g ile 4.67 mg/100g arasında değişim göstermiştir. Kontrol grubu Chia tohumu örneği; 1.02 mg/100g ile en düşük gallik asit içeriğine sahip olmuştur. 90 °C'de kavrulmuş Chia tohunun gallik asit içeriği 1.06 mg/100g olarak tespit edilmiş ve 120 °C'de kavurma işlemi uygulanmasıyla 4.67 mg/100g ile en yüksek gallik asit miktarına ulaştığı gözlemlenmiştir. Kafeik asit sonuçlarına bakıldığında ise; Kontrol grubu örneğin kafeik asit içeriği; 1.52 mg/100g olarak bulunmuşken, 90 °C'de ve 120 °C'de kavurma işlemi ile kafeik asit içeriği sırasıyla 3.13 mg/100g ve 3.20 mg/100g düzeyine çıkmıştır. 1,2-Dihidroksibenzen sonuçları incelendiğinde Kontrol grubu örneğin içeriği; 9.95 mg/100g iken, 90 °C ve 120 °C'de kavrulmuş örneklerin içeriği sırasıyla 12.69 mg/100g ve 13.90 mg/100g olarak bulunmuştur. Chia tohumlarında gallik asit, 1,2-Dihidroksibenzen ve kafeik asit miktarlarında kavurma sıcaklığına paralel olarak bir artış meydana gelmiştir.

Çizelge 4.2.1. Kontrol grubu ve kavrulmuş Chia örneklerinin fenolik bileşen analizi sonuçları (mg/100g)

	n	Kontrol	90 °C	120 °C
Galik asit	3	1.02±0.06[b]	1.06±0.12 [b]	4.67±0.04[a]
3,4-Dihidroksibenzoik Asit	3	2.84±0.97	3.68±0.41	4.41±0.70
(+)-Kateşin	3	14.75±0.99 [a]	7.94±2.19[b]	10.19±0.40 [ab]
1,2-Dihidroksibenzen	3	9.95±0.76	12.69±2.81	13.90±4.60
Sirinjik Asit	3	3.18±0.02	5.37±1.37	4.50±0.22
Kafeik Asit	3	1.52±0.04 [b]	3.13±0.06 [a]	3.20±0.00 [a]
Rutin trihidrat	3	4.17±1.62	8.72±3.00	5.24±1.18
p-Kumarik Asit	3	0.39±0.39	0.93±0.47	1.03±1.23
***trans*-Ferulik Asit**	3	2.22±0.47	2.56±1.36	7.09±3.03
Apigenin-7-glukozit	3	3.12±2.05	4.12±1.16	5.89±2.33
Resveratrol	3	35.77±1.32 [a]	30.99±7.44 [a]	2.21±3.14 [b]
Kersetin	3	10.85±1.49	9.07±0.71	8.34±3.13
***trans*-sinamik Asit**	3	6.36±0.81	6.26±0.91	7.31±0.99
Naringenin	3	TE*	TE	TE
Kamferol	3	7.82±1.22	8.44±0.35	9.06±0.77
İsorhamnetin	3	38.74±0.35	39.46±0.95	39.50±0.55

a-b arası farklı harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).
*TE: Tespit edilememiştir.

Çiğ ve 120 °C'de kavrulmuş Chia tohumlarında en fazla bulunan fenolikler; kafeik asit, (+)-kateşin, vanillik asit ve kumarik asit şeklinde tespit edilmiş ve kavurma işleminin fenolik bileşen içeriklerini kısmen artırdığı bildirilmiştir. Çiğ ve kavrulmuş tohumlar için kafeik asit içerikleri sırasıyla; 3.11 ve 3.54 mg/100g ve (+)-kateşin içerikleri; 1.47 ve 1.92 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Ayrıca çiğ ve kavrulmuş Chia tohumları sırasıyla; 1.02 ve 1.04 mg/100g vanilik, 0.41 ve 0.54 mg/100g kumarik ve 0.21 ve 0.29 mg/100g ferulik asitler içerdiği belirlenmiştir. Chia tohumlarının fenolik bileşenlerinin kavurma işlemine bağlı olarak farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir (Ghafoor ve ark., 2018).

Ghafoor ve ark. (2020); farklı sıcaklıklarda (90, 120, 150 ve 180 °C) kavrulmuş Chia tohumlarının fenolik bileşenlerini incelemişler ve fenolik bileşenler arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğunu bulmuşlardır. Genel olarak, fenolik bileşen miktarlarının artan sıcaklıklarla azaldığını tespit etmişlerdir.

Coelho ve Salas-Mellado (2014); Chia tohumunun kafeik asit miktarını; 3.089 mg/100g olarak bulmuşlardır. Martínez-Cruz ve Paredes-López (2014); çalışmalarında, Chia tohumu kafeik asit miktarını 2.74 mg/100g olarak bulmuşlardır. Bu miktar; mango (0.77 mg/100g), papaya (1.59 mg/100g) ve yaban mersininden (2.16 mg/100g) daha yüksektir (Fu ve ark., 2011). Kafeik asit; antioksidan ve enzim inhibitör görevi yapar ve spesifik reseptörlerle bağlanma aktivitesine sahiptir (Son ve Lewis, 2002). Ayrıca, kafeik asidin düşük yoğunluklu lipoproteinin oksidasyonunu inhibe ettiği ve bu nedenle kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyabildiği belirtilmiştir (Olthof ve ark., 2001).

Chia tohumunun gallik asit miktarı; 1.15 mg/100g olarak tespit edilmiştir (Martínez-Cruz ve Paredes-López, 2014). Galik asit, normal hücrelere karşı gösterilenden daha yüksek aktiviteye sahip tümör hücrelerinin değişkenliğine karşı seçici sitotoksisite gösterir. Bu bileşikler, hedefli kimyasal modifikasyonlarla yeni ilaçların sentezine yönelik moleküler temelli, antitümör ilaç olarak kullanılabilir (Dalla Pellegrina ve ark., 2005).

Reyes-Caudillo ve ark. (2008); Meksika menşeyli iki Chia tohumunu incelemişlerdir. Kersetin ve kamferol içeriğini ana bileşen olarak bulunmuşken, kafeik ve klorojenik asit içeriklerini düşük miktarlarda tespit etmişlerdir. Jalisco Chia tohumunda kafeik asit miktarı; 0.30 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Sinaloa Chia tohumunda ise kafeik asit miktarı; 0.68 mg/100g olarak bulunmuştur. Fenolik bileşik içeriği, hava ve hasat sonrası koşullar gibi bir dizi dış faktörden etkilenmektedir (Kim ve ark., 2006). Kersetin; protein ve lipitlerin oksidasyonunu önleyebilir ve antioksidan

özellikleri bazı flavonol bileşiklerinden önemli ölçüde daha fazla etkilidir (Makris ve Rossiter, 2001).

Literatür bulgularıyla karşılaştırıldığında; Kontrol grubumuza ait kafeik asit içeriği, Coelho ve Salas-Mellado (2014)'nun yapmış olduğu çalışma sonuçlarına göre düşük, Reyes-Caudillo ve ark. (2008)'a göre yüksek ve Martínez-Cruz ve Paredes-López (2014) ile benzer bulunmuştur. Ghafoor ve ark. (2018)'in yapmış olduğu çalışmada, kavurma işlemi Chia tohumunun kafeik asit içeriğini arttırması bizim çalışmamızla benzerlik göstermiştir. Martínez-Cruz ve Paredes-López (2014) Kontrol grubu Chia tohumlarında belirlediği gallik asit sonuçları ile elde ettiğimiz gallik asit sonuçları benzerlik göstermiştir. Reyes-Caudillo ve ark. (2008)'nın kersetin ve kamferol içerikleri, çalışmamızda olduğu gibi ana bileşen olarak bulunmuştur.

Fenolik bileşen içeriğindeki bulunan bu farklılıklar; elde edilen Chia tohumunun yetiştirildiği koşulların farklı olmasına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği tahmin edilmektedir. Aynı zamanda kavurma sürecinde tohuma uygulanan sıcaklık derecesinin de, sonuçları etkilediği düşünülmektedir.

4.3. Serbest Yağ Asitleri, Peroksit Sayısı, Viskozite ve Yağ Verimi Analizi

Kavrulmamış ve etüvde farklı sıcaklıklarda kavrulmuş Chia tohumlarına farklı ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen Chia yağlarının; yağ verimi, serbest yağ asitleri, peroksit ve viskozite analiz sonuçları Çizelge 4.3.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.3.1. Chia Yağı Örneklerinin yağ verimi, Ortalama Serbest Asitlik, Peroksit sayısı ve Viskozite Analiz Sonuçları

Ekstraksiyon Çeşitleri	Sıcaklık (%)	n	Yağ verimi (%)	Serbest Asitlik (%)	Peroksit Sayısı (meq O2/kg)	Viskozite (m.Pas.)
Soğuk Pres	**Kontrol**	3	TE*	3.98±0.08	1.50±0.71^{c}	30.70±0.56
	90 °C	3	TE	3.72±0.04	1.50±0.00^{c}	30.80±0.85
	120 °C	3	TE	2.94±0.04	2.00±0.00^{c}	31.00±0.71
Soxhlet Ekstraksiyon	**Kontrol**	3	29.62±0.39	4.70±0.00	2.50±0.70^{c}	31.20±0.28
	90 °C	3	32.65±0.85	4.20±0.08	2.25±0.35^{c}	30.85±0.78
	120 °C	3	33.85±0.71	3.61±0.04	15.75±0.35^{a}	30.55±0.07
Ultrasonik-destekli Ekstraksiyon	**Kontrol**	3	28.40±2.84	4.56±0.04	3.75±1.06^{c}	31.05±1.06
	90 °C	3	31.73±0.66	4.14±0.87	8.75±0.35^{b}	30.50±0.57
	120 °C	3	34.68±1.77	3.75±0.08	3.50±0.71^{c}	31.40±0.42

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

Çizelge 4.3.1'de yağ verimi (%) sonuçları incelendiğinde; Soxhlet ekstraksiyon ile elde edilen Kontrol grubu Chia yağında, yağ verimi; %29.62 olarak tespit edilirken, 90 °C ve 120 °C'de kavrulmuş Chia yağlarında yağ verimi sırasıyla; %32.65 ve %33.85 olarak bulunmuştur. Ultrasonik-destekli ekstraksiyon ile elde edilen Kontrol grubu Chia yağında, yağ verimi; %28.40 olarak bulunmuşken, 90 °C ve 120 °C'de kavurma işlemi ile yağ verimi sırasıyla; %31.73 ve %34.68 olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre, Kontrol grubu yağlarında benzer bir yağ verimi sonucu gözlemlenirken, kavurma sıcaklıkları arttıkça yağ veriminde bariz bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu artışın

muhtemel sebebi; tohumdaki suyun uzaklaşmasıyla kuru maddede yağ oranının nispi olarak yükselmesinden kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 4.3.1.'de serbest asitlik analizi sonuçlarına göre; Kontrol grubu ve 90 °C'de kavrulmuş tohumların soğuk pres ile elde edilen yağında serbest asitlik sonuçları sırasıyla; %3.98 ve %3.72 ile benzerlik göstermişken, 120 °C'de kavurma işlemi uygulanmasıyla serbest asitliğin %2.94'e düştüğü gözlemlenmiştir. Soxhlet yöntemiyle elde edilen yağlarda; Kontrol grubu örneği yağında serbest asitlik %4.70 şeklinde oldukça yüksek bir değer tespit edilirken, 90 °C'de ve 120 °C'de kavrulmuş Chia tohum yağlarında serbest asitlikler sırasıyla; %4.20 ve %3.61 şeklinde belirlenmiştir. Ultrasonik-destekli ekstraksiyon yöntemi uygulanmasıyla; Kontrol grubu Chia yağında belirlenen serbest asitlik %4.56 olarak bulunmuşken, 90 °C ve 120 °C'de sırasıyla; %4.14 ve %3.75 olarak tespit edilmiştir.

En yüksek serbest asitlik miktarı Kontrol grubunun Soxhlet ve ultrasonik-destekli ekstraksiyon yöntemlerinin uygulanmasıyla elde edilen yağlarda tespit edilirken, en düşük serbest asitlik miktarı, 120 °C'de kavrulmuş Chia yağının soğuk pres yöntemiyle elde edilen örneklerinde belirlenmiştir. Genel olarak Chia yağlarında serbest asitlik miktarının soğuk pres yöntemine kıyasla, Soxhlet ekstraksiyon ve ultrasonik-destekli ekstraksiyon yöntemlerinde daha yüksek bulunduğu gözlemlenmiştir. Kavurma sıcaklığının artmasına bağlı olarak, serbest asitlik miktarında azalma tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3.1'de peroksit sayısı sonuçlarına göre; Kontrol grubu ve 90 °C'de kavrulmuş tohumların soğuk pres ile elde edilen yağında peroksit sayıları sırasıyla; 1.50 ve 1.50 meqO_2/kg olarak tespit edilmişken, 120 °C'de kavurma işlemi uygulanmasıyla peroksit sayısının 2.00 meqO_2/kg'a yükseldiği gözlemlenmiştir. Soxhlet yöntemiyle elde edilen Kontrol grubu ve 90 °C'de kavrulmuş Chia yağlarında peroksit sayısı sırasıyla; 2.50 ve 2.25 meqO2/kg ile benzerlik göstermişken, 120 °C de kavrulmuş Chia tohum yağlarında peroksit sayısı 15.75 meqO_2/kg olarak belirlenmiştir. Ultrasonik-destekli ekstraksiyon yöntemi uygulanmasıyla kavrulmamış Chia yağının peroksit sayısı 3.75 olarak bulunmuşken, 90 °C'de kavrulmuş Chia yağının 8.75 meqO_2/kg ve 120 °C'de kavrulmuş Chia yağının ise 3.50 meqO_2/kg olduğu tespit edilmiştir.

Bununla birlikte, soğuk pres ve Soxhlet yönteminde; Kontrol grubu ile 90 °C'de kavrulmuş Chia yağlarının peroksit sayılarında önemli bir farklılık gözlenmezken, 120 °C'de kavrulmuş Chia yağının peroksit sayısında artış belirlenmiştir. Kontrol grupları arasında en yüksek peroksit sayısı ultrasonik-destekli ekstraksiyon yöntemi ile

belirlenmiştir. 90 °C'de kavrulmuş Chia yağlarında en düşük peroksit sayısı 1.50 meqO2/kg yağ ile soğuk presten elde edilen örnekte iken, en yüksek peroksit sayısı ultrasonik-destekli ekstraksiyon yönteminin uygulanmasıyla 8.75 meqO_2/kg yağ olarak tespit edilmiştir. Genel olarak Chia yağlarında soğuk presten elde edilen peroksit sayısının, Soxhlet ve ultrasonik-destekli ekstraksiyon ile elde edilen yağların peroksit sayılarından düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.3.1'de viskozite analizi sonuçlarına göre; pres yöntemiyle elde edilen kavrulmamış tohum yağının ve 90 °C'de kavrulmuş Chia tohum yağının viskozite değerleri sırasıyla; 30.70 ve 30.80 mPa.S (25 °C) olarak bulunurken, 120 °C'de kavrulmuş Chia tohum yağı viskozite değeri 31.00 mPa.S (25 °C) olarak belirlenmiştir. Soxhlet yöntemiyle elde edilen yağlarda viskozite değerleri, kavrulmamış tohum yağında 31,20 mPa.S (25 °C) iken 120 °C'de kavurma işlemiyle 30.55 mPa.S (25 °C) olarak belirlenmiştir. Ultrasonik-destekli ekstraksiyon ile elde edilen yağlarda ise, kavrulmamış Chia yağı ve 120 °C' de, kavrulmuş Chia yağı viskozite değerleri sırasıyla 31.05 ve 31.40 mPa.S (25 °C) olarak tespit edilirken, 90 °C'de kavrulmuş Chia tohum yağının viskozite değeri 30.50 mPa.S (25 °C) olarak ölçülmüştür. Timilsena ve ark. (2017); Chia tohum yağlarında viskozite değerini; 43,23 mPa.S (25 °C) olarak tespit etmişlerdir. Chia yağlarında elde ettiğimiz viskozite değerleri, Timilsena ve ark. (2017)'nın yaptıkları çalışma ile elde edilen viskozite değerleri ile benzer bulunmuştur. Sıvılardaki viskoziteyi etkileyen en önemli faktörler; sıcaklık ve ürün içerisindeki partiküllerin boyutu ve miktarıdır. Ürünü oluşturan maddelerin çevre koşulları da, viskoziteyi etkilemektedir (Koç, 2018).

Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre 90 °C ve 120 °C'de kavurma işlemine bağlı olarak yağın viskozite değerlerinde kısmi farklılıklar gözlemlenmiştir. Kavurma sıcaklığı arttıkça, pres yöntemiyle elde edilen yağların viskozite değerlerinde artış gözlenmiştir. Soxhlet yöntemiyle elde edilen yağlarda, kavurma sıcaklığına bağlı olarak viskozite değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir.

Bununla birlikte, belirli sıcaklıklarla kavurma işlemi uygulanan tohumların nem miktarının azaldığı buna bağlı olarak veriminde artış olduğu görülmüştür. Martínez ve ark. (2012)'nın yapmış olduğu çalışmada tohum neminin azalması, yağ veriminin artmasına neden olmuş ve en yüksek yağ verimi, en düşük tohum nemi içeriğinde meydana gelmiştir. Ghafoor ve ark. (2020); farklı sıcaklıklarda (90, 120, 150 ve 180 °C) kavrulmuş Chia tohumunun, fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Sıcaklık arttıkça yağ miktarı artmış, ancak nem içeriğinin düştüğü tespit edilmiştir. Özellikle,

Kontrol grubu tohumun yağ içeriği; %29.76 iken, 180 °C'de kavurma ile yağ içeriği; %32.08'e yükselmiştir. Nem içeriğine baktığımızda; kontrol örneğinin nem içeriği %10.97 olarak bulunurken, 180 °C'de kavrulan tohumun nem içeriği; %6.87'e düşmüştür. Ghafoor ve ark. (2018); kavrulmamış ve kavrulmuş Chia tohumlarının yağ içeriklerini sırasıyla; %35.83 ve %37.7 olarak bulmuşlardır.

Ultrasonik-destekli ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağ verimi sonuçları incelendiğinde; Soxhlet yöntemine göre, kısmi farklılıklar gözlemlenmiş olsa da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ixtaina ve ark. (2011); Chia tohumunun yağ kalitesinin, ekstraksiyon yöntemlerinden etkilendiğini gözlemlemişlerdir.

Tontul ve ark. (2018); Chia tohum yağının yüksek verimle elde edilebilmesi için ultrason-destekli ekstraksiyon yöntemi kullanmışlar ve optimum ekstraksiyon parametrelerini belirlemişlerdir. Artan sıcaklık ve süre değerlerinde Chia tohumundan daha fazla yağ elde edilebildiği ancak limit sıcaklık ve süre değerlerinin (<36 °C ve 15 dk), ekstraksiyon verimine etki etmediğini gözlemlemişlerdir. Sıcaklık artışından bağımsız olarak 15 dakikanın altındaki ekstraksiyon sürelerinde ise, verim artışı sağlanamadığını tespit etmişlerdir. Bu optimum parametrelerin altında veya üstünde gerçekleştirilen ekstraksiyon yöntemlerinin ise hem enerji ve zaman kaybına yol açabileceği, hem de Chia tohum yağı verimini azaltabileceği düşünülmüştür.

Ayerza ve Coates (2004); farklı iklim bölgelerinde yetişen Kolombiya, Arjantin, Peru ve Bolivya kaynaklı Chia tohumu yağ verimlerini kıyaslamışlar ve yağ verimlerinin %28.5-32.7 arasında olduğunu gözlemlemişlerdir. Segura-Campos ve ark. (2014a), Soxhlet yöntemiyle Meksika kökenli Chia yağında yağ verimini; %27.3 olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise Chia tohumunun Soxhlet ekstraksiyonu ile elde edilen yağ veriminin %33,6 olduğu belirlenmiştir (Ixtaina ve ark., 2011).

Yağ verimindeki bu farklılıklar, tohumların çevresel ve genetik faktörlerden etkilenmesinden kaynaklanır (Ayerza, 2010). Bunun yanı sıra tohumların iriliği ve nem içeriği de yağ verimini etkilemektedir (Rosenthal ve ark., 1996; Martínez ve ark., 2012).

Soxhlet ve vidalı pres ile siyah ve beyaz Chia tohumlarının yağı elde edilmiş ve Soxhlet ile elde edilen siyah Chia tohumu yağında verim; %34.6 bulunmuşken, beyaz Chia tohum yağında verim; %35.6 olarak tespit edilmiştir. Vidalı pres ile elde edilen siyah ve beyaz Chia tohumlarında yağ verimi sırasıyla; %9 ve %9.5 olarak bulunmuştur. Chia tohumlarının yağ verimlerindeki bu farklılık, ekstraksiyon süreçlerinde Chia tohumlarının ekstraksiyon metotlarına farklı tepki vermesi ile açıklanabilir. Vidalı pres kullanılarak ekstrakte edilen yağda yağı herhangi bir ısıl

işleme maruz bırakmamak ve böylece bileşenleri hasardan korumak amaçlanmış ancak en düşük oranda yağ elde edilmiştir. Bu sonucun ekstraksiyon cihazının verimsizliğinden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Noshe ve Al-Bayyar, 2017).

Chia tohumlarında elde ettiğimiz yağ verimi sonuçları; Ayerza ve Coates (2004) ve Segura-Campos ve ark. (2014b)'nın yapmış oldukları çalışmaları destekler niteliktedir. Tontul ve ark. (2018)'in yapmış olduğu çalışmaya göre, Chia tohumlarına sıcaklık ve ultrason desteği uygulanmasının yağ verimini arttırması bizim çalışmamızı destekler niteliktedir. Çalışmamızda vidalı soğuk pres ile ekstraksiyon sürecinde, soğuk presin verimsizliğinden dolayı, yağ verimi belirlenememiştir. Benzer şekilde, Noshe ve Al-Bayyar (2017)'nin yaptıkları çalışmada soğuk pres ile elde edilen yağ verimi Soxhlet ile elde ettikleri yağ verimine göre oldukça düşük çıkmıştır.

Özcan ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada, Soxhlet yöntemiyle elde edilen kavrulmamış ve kavrulmuş Chia tohum yağlarının serbest asitlik miktarlarını sırasıyla; 2.17 ve 8.53 mgKOH/g olarak bulunmuşken, pres ile elde edilen kavrulmamış ve kavrulmuş Chia tohum yağlarının toplam serbest asitlik miktarları sırasıyla; 1.79 ve 3.87 mgKOH/g olarak belirlenmiştir. Başka bir çalışmada Kontrol grubu ve 90°C ile 120°C de kavrulmuş Chia tohumlarının serbest asitlik miktarları sırasıyla; 2.85, 5.61, 8.27 (mgKOH/g) olarak saptanmıştır (Ghafoor ve ark., 2020).

Ixtaina ve ark. (2011); Soxhlet ve presleme yöntemiyle Anjantin ve Guatemalan kökenli *Salvia hispanica* L. tohumu yağlarının fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Solvent ekstraksiyon ile elde edilen yağlarda serbest asitlik miktarları sırasıyla; 2.05 ve 1.64 mgKOH/g olarak bulunmuşken, pres uygulanması ile elde edilen yağlarda serbest asitlik miktarları sırasıyla; 0.91 ve 0.70 mgKOH/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada pres yöntemiyle elde edilen Chia yağının serbest asitlik miktarının, Soxhlet ile elde edilene göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Timilsena ve ark. (2017), Avusturalya Chia tohumu üzerine çalışmalar yapmışlardır. Avusturalya Chia yağında serbest asitlik miktarlarını; 2.54 mgKOH/g olarak bulmuşlardır.

Segura-Campos ve ark. (2014a), Soxhlet yöntemiyle Meksika kökenli Chia tohumlarının yağını elde etmişlerdir. Elde edilen yağda serbest asitlik miktarı; 2.053 mg KOH/g olarak tespit edilmiştir. Bu değer, serbest yağ asitlerinin ortalama içeriğinin oleik asit cinsinden; %1.032 olduğunu göstermiştir. Arjantin kökenli Chia yağında serbest yağ asidi ortalama içeriği oleik asit cinsinden; %1.3 olarak tespit edilmiştir (Ixtaina ve ark., 2012). Tontul ve ark. (2018); Chia tohum yağında ultrason-destekli ekstraksiyon yöntemi kullanmışlar ve elde edilen Chia tohum yağının serbest yağ

asitliği miktarının ise, oleik asit cinsinden; %1.13 ile 2.26 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Imran ve ark. (2016); Chia tohumlarına farklı ön işlemler uygulamışlar ve farklı depolama sıcaklıklarında Chia yağının fiziksel ve biyoaktif özelliklerini incelemişlerdir. Kavrulmamış Chia yağında 0. gün serbest asitlik miktarı %1.07 olarak bulunurken, 25±2 °C'de 60 gün depolanan Chia yağlarının serbest asitlik miktarı %2.23 ve 4±1 °C'de 60 gün depolanan yağların serbest asitlik miktarı %1.65 olarak tespit edilmiştir. Aynı zamanda 105 °C'de fırında 1 saat kavrulan Chia tohumlarının serbest asitlik miktarı 0. gün %0.62 olarak bulunmuşken, 25±2 °C'de 60 gün depolanan Chia yağlarının serbest asitlik miktarı %2.35 ve 4±1 °C'de 60 gün depolanan yağların serbest asitlik miktarı %1.16 olarak belirlenmiştir. Depolamanın 0. günde yağ örneklerinin, 60 gün sonra 4±1 °C ve 25±2 °C'de depolanan yağlardan daha düşük miktarda serbest yağ asitlerine sahip olduğu bildirilmiştir. Yüksek sıcaklık, yağ oksidasyonu üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Ayrıca, 4±1°C'de depolanan yağların serbest yağ asitleri, 25±2 °C'de depolanan yağlardan, daha düşük sonuçlar vermiştir. Bu durum düşük sıcaklıkta nispeten daha az oksidasyon olduğunu göstermesi açısından önemlidir.

Kontrol grubu tohumun Chia yağlarından elde ettiğimiz serbest asitlik sonuçları, Segura-Campos ve ark. (2014b), Imran ve ark. (2016) ve Tontul ve ark. (2018)'nın tespit ettikleri serbest asitlik miktarlarına göre daha yüksek çıkmıştır. Özcan ve ark. (2019); kavurma sıcaklığının asitlik değerinde artışa sebep olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda kavurma sıcaklığı arttıkça, serbest asitlik miktarında düşme gözlenmiştir. Imran ve ark. (2016)'nın yapmış oldukları çalışmaya göre ise; Chia tohumuna fırında uygulanan kavurma işlemi çalışmamızda olduğu gibi asitlik değerini düşürmüştür. Ancak belirli sıcaklıklarda uzun süre depolanması serbest asitlik miktarında artışa sebep olmuştur.

Özcan ve ark. (2019); Soxhlet yöntemiyle kavrulmamış ve kavrulmuş Chia tohum yağlarının peroksit miktarlarını sırasıyla; 5.84 ve 17.92 meqO_2/kg olarak, presleme ile elde ettikleri kavrulmamış ve kavrulmuş Chia tohum yağlarının toplam peroksit miktarlarını ise sırasıyla; 3.65 ve 14.12 meqO_2/kg olarak tespit etmişlerdir. Kavurma işleminin, peroksit miktarlarını arttırdığı gözlemlenmiştir. Başka bir çalışmada; Kontrol grubu ve 90°C ile 120°C'de kavrulmuş Chia tohumlarının peroksit miktarları sırasıyla; 3.21, 8.93, 13.76 (meq O_2/kg) olarak tespit edilmiştir (Ghafoor ve ark., 2020).

Ixtaina ve ark. (2012); Arjantin Chia yağında peroksit miktarını; 1.0 meq O_2/kg olarak belirlemişlerdir. Peroksit miktarı Soxhlet ekstraksiyonu ile elde edilen Meksika Chia tohumu yağında; 17.5 (meq O_2/kg) olarak bulunmuştur (Segura-Campos ve ark., 2014a). Avusturalya Chia tohumu yağında ise peroksit miktarı; 4.33 meq O_2/kg olarak tespit edilmiştir (Timilsena ve ark., 2017).

Tontul ve ark. (2018); farklı ultrasonik güçte ve farklı sürelerde tutulan Chia tohumlarından elde edilen yağların peroksit miktarlarının 0.33-7.33 meq O_2/kg arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. En yüksek ultrason gücü uygulaması olan %100 değerinde ve en uzun ekstraksiyonu süresi olan 30 dakikalık işlem süresinde peroksit miktarı; 7.33 meq O2/kg olarak tespit edilmiştir. Zhang ve ark. (2017), fıstık yağı eldesinde ultrason uygulamasının, geleneksel yöntem ile elde edilen Kontrol grubu örneğe göre, peroksit miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir.

Imran ve ark. (2016)'nın farklı ön işlemler uygulayarak yapmış oldukları çalışmada farklı depolama sıcaklıklarında Chia yağının peroksit miktarını incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlarda kavrulmamış Chia yağında 0. gün peroksit miktarı; 1.80 meq O_2/kg olarak tespit edilirken, 25±2 °C'de 60 gün depolanan Chia yağlarının peroksit miktarı; 5.66 (meq O_2/kg) ve 4±1 °C'de 60 gün depolanan yağların peroksit miktarı ise; 3.58 (meq O_2/kg) olarak bulunmuştur. Aynı zamanda 105 °C'de fırında 1 saat kavrulan Chia tohumlarının peroksit miktarları, 0. Gün 0.46 (meq O_2/kg) olarak bulunmuşken, 25±2 °C'de 60 gün depolanan Chia yağlarının peroksit miktarı 3.61 (meq O_2/kg) ve 4±1 °C'de 60 gün depolanan yağların peroksit miktarı ise; 2.49 (meq O_2/kg) olarak bulunmuştur. 0. günde yağ numunelerinin, 60 gün sonra 4±1 °C ve 25±2 °C'de depolanan yağlardan daha düşük peroksit miktarına sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, 4±1 °C'de depolanan yağların peroksit miktarı, 25±2 °C'de depolanan yağlardan daha düşük sonuçlar vermiştir.

Kontrol grubu Chia yağlarımızın peroksit miktarı, Özcan ve ark. (2019)'nın elde ettiği peroksit miktarlarına göre düşük çıkmışken, Ixtaina ve ark. (2012)'nın yaptığı çalışmaya göre ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Timilsena ve ark. (2017)'e göre ise benzer sonuçlar gözlenmiştir. Imran ve ark. (2016)'nın yapmış oldukları çalışmada bizim çalışmamızda olduğu gibi peroksit miktarı kavurma sıcaklığının uygulandığı tohum yağlarında daha düşük çıkmıştır. Ancak belirli sıcaklıkta depolama işlemi peroksit miktarını arttırmıştır.

Belirlenen yağ verimi, asitlik, peroksit ve viskozite sonuçlarına bakıldığında, yapılan çalışmalar arasındaki bu farklılıklar, yağ ekstraksiyonu sürecinde kullanılan

solvent çeşidine, sıcaklığa, ekstraksiyon yöntemine ve ekstraksiyon süresine bağlı olabilir.

4.4. Yağ Asidi Kompozisyonu

Palmitik, stearik, oleik, linoleik ve linolenik asit açısından Chia yağı örnekleri arasındaki farklar önemli bir bulunurken; araşidik, araşidonik ve behenik asit açısından önemli bir fark bulunmamıştır. Çizelge 4.4.1'de araşidik, araşidonik ve behenik asidin %1'in altında miktarlara sahip olduğu görülmektedir.

Yağ asidi sonuçlarına genel olarak bakıldığında, Chia yağlarında en yüksek miktarın linolenik asite ait olduğu görülmektedir. Chia yağlarında linolenik asit miktarının %64.58-68.10 arasında değiştiği görülmektedir.

Soğuk presten elde edilen yağlarda linolenik asit miktarlarına bakıldığında, Kontrol grubu Chia yağında linolenik asit miktarı; %64.81 olarak bulunmuştur. Bu miktar; 90 °C ve 120 °C kavurma sıcaklığı uygulanan tohum yağlarında sırasıyla; %67.41 ve 67.37'e yükselmiştir. Soğuk presle elde edilen yağlarda, sıcaklığa bağlı olarak linolenik asit miktarlarında artış görülmüştür.

Soxhlet ve ultrasonik desteği ile elde edilen yağlarda, Kontrol grubunun linolenik asit miktarları sırasıyla; 67.68 ve 68.10 olup preslemeye göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu iki ekstraksiyon metoduna göre sıcaklık uygulanan tohum yağlarında, linolenik asit miktarlarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.4.1. Kavrulmamış ve etüvde farklı sıcaklıklarda kavrulmuş Chia tohumlarının, farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen yağlarının yağ asidi kompozisyonu (%)

Ekstraksiyon Çeşitleri	Sıcaklık	n	Palmitik	Stearik	Oleik	Linoleik	Araşidik	Linolenik	Behenik	Araşidonik
Soğuk Pres	**Kontrol**	3	6.58±0.11^{ab}	2.51±0.00^{b}	7.74±0.02^{a}	17.30±0.04^{f}	0.18±0.01^{a}	64.81±0.06^{e}	TE*	TE
	90 °C	3	6.02±0.08^{c}	2.39±0.01^{c}	5.38±0.03^{e}	17.88±0.01^{cd}	0.18±0.00a	67.41±0.06^{bc}	TE	TE
	120 °C	3	6.10±0.18^{bc}	2.29±0.03^{de}	5.29±0.02^{e}	17.88±0.06^{bcd}	0.18±0.00^{a}	67,37±0.06^{c}	0.07±0.00^{b}	0.07±0.00^{a}
Soxhlet Ekstraksiyon	**Kontrol**	3	5.97±0.14^{c}	2.32±0.01^{d}	5.59±0.02^{d}	17.48±0.00^{ef}	0.19±0.01^{a}	67.68±0.09^{abc}	TE	TE
	90 °C	3	6.31±0.21^{bc}	2.40±0.01^{c}	5.82±0.09^{c}	18.22±0.15^{ab}	0.18±0.00^{a}	66.56±0.20^{d}	0.06±0.00^{c}	0.06±0.00^{a}
	120 °C	3	6.99±0.11^{a}	2.72±0.00^{a}	6.63±0.02^{b}	18.13±0.09^{abc}	TE	64.58±0.07^{e}	TE	TE
Ultrasonik-destekli Ekstraksiyon	**Kontrol**	3	5.97±0.19^{c}	2.25 ±0.03^{e}	5.03±0.02^{f}	17.56±0.04^{def}	0.18±0.00^{a}	68.10±0.10^{a}	0.06±0.00^{c}	0.06±0.00^{a}
	90 °C	3	5.98±0.01^{c}	2.33 ±0.00^{d}	5.91±0.02^{c}	18.44±0.02^{a}	0.18±0.00^{a}	66.24±0.03^{d}	0.08±0.00^{a}	0.07±0.00^{a}
	120 °C	3	6.01±0.06^{c}	2.30±0.02^{de}	5.37±0.11^{e}	17.64±0.17^{de}	0.18±0.00^{a}	67.98±0.37^{ab}	0.06±0.00^{c}	0.05±0.02^{a}

Her sütunda a-f arası farklı harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).
*TE: Tespit edilememiştir.

Çizelge 4.4.1. incelendiğinde Chia yağlarında linoleik asit miktarının palmitik, stearik ve oleik asit miktarlarına göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Sıcaklık uygulamasının Chia örneklerinin linoleik asit içeriklerini fazla miktarda etkilemediği görülmüştür. Elde edilen Chia yağlarında linoleik asit miktarı; %17.30-18.44 arasında değişmektedir. Soğuk pres ile elde edilen yağlarda kontrol Chia yağının linoleik asit miktarı; %17.30 olarak tespit edilirken, 90 °C ve 120 °C'de kavurma işleminin Chia yağında linoleik asit miktarını; %17.88'e yükselttiği görülmüştür. Ancak pres yöntemiyle elde edilen yağlarda tohumun kavurma sıcaklıkları arasındaki fark, linoleik asit içeriğini etkilememiştir. Soxhlet ile elde edilen yağlarda benzer şekilde kavurma sıcaklığı uygulandığında linoleik asit miktarının arttığı görülmüştür. Ultrasonik-destekli ekstraksiyon metodu uygulanan Kontrol grubu Chia yağının linoleik asit miktarı; %17.56 iken, bu değer 90 °C sıcaklık uygulanmış tohum yağında; %18.44 e çıkmış, ancak 120 °C uygulanan tohum yağında linoleik asit miktarı; %17.64'e düşmüştür.

Chia yağı örneklerinin oleik asit içerikleri; %5.03 ile %7.74 arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek oleik asit miktarları Kontrol grubunun soğuk presle elde edilen yağında %7.74 olarak görülmekte olup, 90 °C ve 120 °C kavurma işlemi ile bu miktarın sırasıyla; %5.38 ve 5.29 seviyelerine düştüğü gözlemlenmiştir. Soxhlet uygulanması ile Kontrol grubu örneğin oleik asit miktarı; %5.59 iken, 90 °C ve 120 °C kavurma işlemi ile bu miktar sırasıyla; %5.82 ve %6.63 olarak tespit edilmiştir. Soxhlet ile elde edilen yağlarda oleik asit miktarı, sıcaklığa bağlı olarak artış göstermiştir. En düşük oleik asit miktarı, %5.03 ile ultrasonik-destekli ekstraksiyon ile elde edilen Kontrol grubu Chia yağıdır. Ultrasonik-destekli ekstraksiyon yönteminde 90 °C'de kavrulmuş Chia yağında; %5.91 oleik asit miktarı bulunmuştur ve bu miktarın kontroldekine göre yükseldiği görülmüştür. 120 °C sıcaklık uygulanmasında oleik asit miktarı ise; %5.37 tespit edilmiş ve sonuçların benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir.

Soğuk pres ile elde edilen Chia yağı örneklerinin palmitik asit içeriği; %5.97 ile %6.99 arasında değişmektedir. Soğuk pres ile elde edilen Chia yağı palmitik asit sonuçlarında sıcaklık uygulamasında kısmı değişiklikler tespit edilmiştir.

Soxhlet ekstraksiyon ve ultrasonik-destekli ekstraksiyon ile Kontrol grubu Chia yağında palmitik asit miktarı; %5.97 olarak tespit edilmiştir. Bu miktarın her iki ekstraksiyon metodunda da kavurma sıcaklığı ile beraber bir miktar arttığı tespit edilmiştir. En yüksek palmitik asit miktarı 120 °C'de kavrulmuş Chia tohumunun Soxhlet ekstraksiyonu ile elde edilen yağında %6.99 olarak tespit edilmiştir. En düşük

palmitik asit miktarı ise; Soxhlet ve ultrasonik-destekli ekstraksiyon ile elde edilen Kontrol grubunun yağı olup; %5.97 olarak tespit edilmiştir.

Stearik asit sonuçları incelendiğinde; Chia yağ örneklerinin %2.25-2.72 arasında yakın değerler aldığı ve sıcaklık uygulaması ile gözle görülür bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir.

Bu bulgular, daha önceki çalışmalarda rapor edilenlerle uyumludur. Arjantin kökenli Chia tohumunu yağ asitleri bileşimi sırasıyla palmitik (C16:0) %6.89, stearik asit (C18:0) %2.36, oleik asit (C18:1) %6.73, linoleik asit (C18:2) %22.5, linolenik asit (C18:3) %60.35 olarak tespit edilmiştir (Ayerza ve Coates, 2011). Segura-Campos ve ark. (2014a)'nın yapmış oldukları çalışmada ise, Meksika kaynaklı Chia tohumunun Soxhlet yötemiyle yağını elde etmişlerdir ve elde edilen % yağ asitleri bileşimi sonuçları; palmitik (C16:0) 7.47, stearik asit (C18:0) 0.29, araşidik asit (C20:0) 0.15, behenik asit (C22:0) 0.06, oleik asit (C18:1) 2.43, linoleik asit (C18:2) 20.40, linolenik asit (C18:3) 68.52 ve araşidonik asit (C20:4) 0.13 olarak bulunmuştur.

Bir başka çalışmada kavurma ve ekstraksiyon yöntemleri önemli ($p<0.05$) ölçüde Chia tohumu yağındaki yağ asitleri kompozisyonunu etkilemiştir. Presleme ile elde edilen kavrulmamış ve kavrulmuş Chia yağlarının palmitik asit içerikleri; %7.19-7.28 arasında değişirken, Soxhlet ile muamele edilen kavrulmamış ve kavrulmuş Chia yağlarının palmitik asit içerikleri sırasıyla; %6.58 ve 6.67 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Hem soğuk pres hem de Soxhlet ekstraksiyonu ile elde edilen en bol yağ asitleri, linolenik asittir. Ekstraksiyon yöntemleri, Chia yağı örneklerinin palmitik ve araşidik asit içeriklerini etkilememiştir. Preslenerek elde edilen kavrulmamış ve kavrulmuş Chia yağlarının linolenik asit bileşimi %66.24 ile 67.84 arasında, Soxhlet ile elde edilen kavrulmamış ve kavrulmuş Chia yağlarında bulunan linolenik asit miktarlarının %64.98 ve %66.75 arasında bulunduğu tespit edilmiştir. Presleme ve Soxhlet ile elde edilen kavrulmamış ve kavrulmuş Chia yağlarının linoleik asit içerikleri sırasıyla %18.34 ve 19.61 ila %17.25 ve %18.97 arasında değişmiştir. Ayrıca, en yüksek oleik asit içeriği, soğuk presle elde edilen kavrulmuş olmayan Chia yağlarında; %9.48 ve kavrulmuş Chia yağlarında; %9.06 olarak bulunmuştur (Özcan ve ark., 2019).

Ghafoor ve ark. (2020); farklı sıcaklıklarda (90, 120, 150 ve 180 °C) kavrulmuş Chia tohumlarının yağ asitleri bileşimini incelemişler ve genel olarak yağ asitlerinin seviyelerini artan sıcaklıklarla birlikte azaldığını gözlemlemişlerdir. Belirgin bir şekilde, palmitik asit içeriği; %6.48-7.08, stearik asit içeriği; %2.69- 2.97, oleik asit içeriği;

%9.94-10.09, linoleik asit içeriği; %19.47- 20.57 ve linolenik asit içeriği; %58.64-59,84 olarak bulunmuştur. Diğer yağ asitleri ise, minör (< %0.17) seviyelerde tespit edilmiştir.

Başka bir çalışmada kavrulmamış ve kavrulmuş Chia yağlarının α-linolenik (omega-3) asit içerikleri sırasıyla; %60.22 ve %60.36, aynı Chia tohumu yağlarının linoleik asit içerikleri sırasıyla; %19.14 ve %18.10 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kavrulmamış ve kavrulmuş Chia yağları sırasıyla; %9.57 ve %10.82 oleik, %6.73 ve %6.56 palmitik, %2.88 ve %2.84 stearik asit içermektedir. Genel olarak, kavrulmamış Chia yağlarının palmitik, stearik, araşidik asit içeriklerinin kavrulmuş Chia tohumu yağına göre daha yüksek olduğu, kavrulmamış tohum yağının oleik, α-linolenik, behenik ve araşidonik asit içeriklerinin, kavrulmuş yağlardan daha düşük olduğu görülmüştür (Ghafoor ve ark., 2018).

Ixtaina ve ark. (2011); Arjantin kökenli Chia tohumunun Soxhlet yöntemi ile elde edilen yağında, yağ asitleri bileşimi sırasıyla palmitik (C16:0); %6.2, stearik asit (C18:0); %3.0, oleik asit (C18:1); %5.3, linoleik asit (C18:2); %19.7, linolenik asit (C18:3); %65.6 olarak tespit edilirken, pres ile elde edilen Chia yağlarında palmitik (C16:0); %6.6, stearik (C18:0); %3.1, oleik (C18:1); %5.4, linoleik (C18:2); %20.3 ve linolenik (C18:3); %64.5 olarak bulunmuştur. Ekstraksiyon yöntemlerinin, yağ asitleri üzerine etkili olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlarımıza benzer şekilde; Ixtaina ve ark. (2008) Chia tohumunda tespit edilen yağ asitleri en yüksekten düşük seviyeye doğru azalan sırayla sınıflandırmışlardır: linolenik asit (C18:3) > linoleik asit (C18:2) > oleik asit (C18:1) > palmitik asit (C16:0) > stearik asit (C18:0).

Soğuk presle Chia yağı elde edilen bir başka çalışmada yağ asitleri bileşimi sırasıyla, palmitik (C16:0); %7,07, stearik (C18:0); %3.36, oleik (C18:1); %7.04, linoleik (C18:2); %18.23 ve linolenik (C18:3); %62.80 olarak tespit edilmiştir (Marineli ve ark., 2014). Sargi ve ark. (2013), Chia tohumu yağının %5.8 palmitik, %2.4 stearik, %6.1 oleik, %17.4 linoleik ve %54.4 linolenik (omega-3) asit içerdiğini bildirmişlerdir.

Chia tohumunun %60 dan fazla α-linolenik asit ve %20 den fazla linoleik asit içerdiği ve bu değerlerin diğer kaynaklardan daha fazla olduğu bildirilmiştir. Bu sonuçlarla birlikte Chia yağının en yüksek esansiyel yağ asitleri içeren bitkisel bir kaynak olduğu doğrulanmıştır. Yine benzer bir çalışmayla Barreto ve ark. (2016) Chia tohumundaki lipitlerin çoğunun çoklu doymamış yağ asitleri olduğunu, linolenik asidin en fazla bulunduğunu (%64.4) ve ardından linoleik asit miktarının (%19.5) yüksek düzeyde bulunduğunu bildirmişlerdir. Bir çalışmada Chia yağı için benzer değerler

(%63.8-64.8 linolenik ve %18.9-22.5 linoleik asit) rapor edilmiştir (Ayerza ve Coates, 2011).

Somon, ringa balığı, sardalya ve uskumru gibi balıklar çoklu doymamış yağ asitleri açısından zengin olmasına rağmen, Chia tohumu yağı, yüksek seviyelerde esansiyel yağ asidi içeren tek bitki olduğu için mükemmel bir omega-3 yağ asidi kaynağı olarak kabul edilmektedir (Sılva, 2014). Çoklu doymamış linolenik ve linoleik yağ asitleri insanlar ve diğer memeliler için temel besin maddeleri olarak kabul edilirler (Ferreira ve Salgado, 2013). Bu yağ asitlerinin tüketimi, gelişmiş insülin duyarlılığı ve diyabet önleme ile birlikte kardiyovasküler hastalık riskini azaltmak ve antienflamatuvar etkileri azaltmakla ilişkilidir. Ayrıca, hücre zarlarının akışkanlığı ve geçirgenliği, nörolojik işlevler, sinir uyarı iletimi, atmosferik oksijenin kan plazmasına aktarılmasında, hemoglobin sentezinde ve hücre bölünmesinde de etkilidirler (Pereira ve ark., 2012; Sılva, 2014).

Kontrol grubuna ait Chia tohum yağlarında belirlenen yağ asidi bileşimi, Ayerza ve Coates (2011), Ghafoor ve ark. (2018), Ghafoor ve ark. (2020), Ixtaina ve ark. (2011), Marineli ve ark. (2014) ve Segura-Campos ve ark. (2014b)'nın yapmış oldukları çalışmalarla benzerlik göstermiştir. Yapılan çalışmalarda linolenik, linoleik, oleik ve palmitik asit ana bileşen olarak belirlenmiştir ve en fazla linolenik asit bulunmuştur. Bu yağ asitlerinin baskın olması bulgularımızla benzerlik göstermiştir.

Özcan ve ark. (2019); presleme ile elde edilen Chia yağı palmitik asit miktarının, Soxhlet yöntemi ile elde edilen Chia yağı palmitik asit miktarına göre daha fazla bulunmuş olması çalışmamızla benzerlik göstermiştir. Yapılan bu çalışmada, Soxhlet ile elde edilen yağlarda kavurma sıcaklığı arttıkça palmitik asit miktarı bizim çalışmamızda olduğu gibi artmıştır. Pres ile elde edilen yağlarda ise Özcan ve ark. (2019); kavurma sıcaklığı palmitik asitte artışa sebep olmuşken, çalışmamızda sıcaklık artışıyla birlikte palmitik asit miktarında azalma saptanmıştır.

Ghafoor ve ark. (2018); Soxhlet yöntemi ile elde ettikleri Chia yağlarında, sonuçlarımıza benzer şekilde kavurma sıcaklığı arttıkça oleik ve linolenik asit miktarları artmıştır. Ghafoor ve ark. (2018); Soxhlet yöntemi ile elde ettikleri Chia yağlarında, kavurma sıcaklığı arttıkça stearik ve palmitik asit miktarları azalmıştır. Çalışmamızda Soxhlet yönteminde sıcaklık artışı bu miktarları arttırmıştır.

Ixtaina ve ark. (2011); Soxhlet ve presleme yöntemiyle elde ettikleri Chia yağlarında, yağ asidi bileşimlerinin birbirinden farklı olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuca göre, ekstraksiyon yönteminin yağ asitleri üzerine etkili olduğu görülmüştür.

Chia tohumunun yağ asitleri miktarlarındaki farklılıklara, birçok faktör etkili olmuş olabilir. Bu farklılıkların bazı analitik faktörlerden, çevre şartlarından, iklim değişikliklerinden, yetiştirme sezonundan veya toprak koşullarından kaynaklanmış olabileceği tahmin edilmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, Chia tohumunun farklı sıcaklıklarda kavrulmasıyla Chia tohumunda meydana gelen fizikokimyasal ve biyoaktif özelliklerin değişimleri incelenmiştir. Aynı zamanda kavrulmamış ve kavrulmuş tohumların soğuk pres, Soxhlet ekstraksiyon ve ultrasonik ekstraksiyon gibi farklı ekstraksiyon yöntemleri ile yağı elde edilmiştir. Elde edilen yağlarda yapılan analiz sonuçları incelenmiştir.

Chia tohumlarının biyoaktif özelliklerine bakıldığında Chia tohumuna kavurma sıcaklığının uygulanması Chia tohumlarının nem içeriklerini azalttığı görülmektedir. Bununla birlikte Chia tohumlarında kavurma sıcaklığının artışına bağlı olarak tohumların toplam fenol ve flavonoid içeriklerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Chia tohumlarının antioksidan içeriklerine bakıldığında, yüksek miktarda antioksidan içeriğine sahip olduğu görülmektedir. En yüksek antioksidan içeriği 90°C de kavrulmuş Chia tohumunda görülmüştür. Tohumun kavrulması, antioksidan içeriğini arttırmıştır.

Chia tohumlarının fenolik bileşen analiz sonuçlarına bakıldığında, kersetin, (+)-kateşin, resveratrol ve isorhamnetin içerikleri ana bileşen olarak tespit edilmiştir. Chia kontrol tohumlarında en yüksek fenolik bileşen isorhamnetin ve resveratrol olarak tespit edilmişken, en düşük fenolik bileşen gallik asit ve p-kumarik asittir. Chia tohumlarına kavurma sıcaklığı uygulanması genel olarak gallik asit, kafeik asit, kamferol, ve isorhamnetin gibi fenolik bileşenlerin miktarında artışa sebep olmuşken, resveratrol ve kersetin içeriklerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Chia tohumlarına uygulanan kavurma işleminin, Chia tohumlarının yağ verimini arttırdığı tespit edilmiştir. Ultrasonik-destekli ekstraksiyon uygulanmasının Kontrol ve 90°C'de kavrulan tohumların yağ verimi üzerine önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmişken, 120°C'de kavrulan tohumların yağ verimini olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

Chia tohumlarında kavurma sıcaklığı arttıkça serbest yağ asidi miktarlarında azalış tespit edilmiştir. En yüksek yağ asidi miktarı Soxhlet ekstraksiyon ile elde edilen Kontrol grubu Chia yağında belirlenmiştir. Genel olarak soğuk pres ile elde edilen Chia

yağlarının serbest asitlik miktarları, Soxhlet ekstraksiyon ve ultrasonik-destekli ekstraksiyon ile elde edilen yağlara göre daha düşük seviyelerde kalmıştır.

Kontrol grubu Chia yağlarında en yüksek peroksit miktarı ultrasonik-destekli ekstraksiyon ile elde edilen yağlarda gözlemlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda kavurma işlemi, Chia yağlarının peroksit miktarlarında kısmi farklılıklara sebep olmuştur.

Kontrol grubu Chia yağlarında, Soxhlet ve ultrasonik ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen yağlarda viskozite sonuçları incelendiğinde, soğuk pres yöntemine göre daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Chia yağlarında tohumun kavurma sıcaklığına bağlı olarak, viskozite sonuçlarında önemli bir fark görülmemiştir.

Chia yağlarının, yağ asidi kompozisyonuna bakıldığında; yüksek miktarda linolenik asit içeriği görülmektedir. En yüksek linolenik asit içeriği ultrasonik-destekli ekstraksiyon ile elde edilen Kontrol grubu Chia yağında tespit edilmiştir. Kavurma sıcaklığı; soğuk preste linolenik asit içeriğini arttırırken, Soxhlet ekstraksiyon ve ultrasonik-destekli ekstraksiyon metodunda kavurma işleminin, linolenik asit miktarını kısmen düşürdüğü tespit edilmiştir.

Chia yağında önemli miktarda bulunan diğer yağ asitleri; linoleik asit, oleik asit ve palmitik asittir. Genel olarak soğuk pres ile elde edilen yağlarda kavurma sıcaklığı uygulanmış tohumların yağ asitleri içeriklerinde, Kontrol grubuna göre azalma tespit edilmiştir. Bunanla birlikte, Soxhlet ekstraksiyon ve ultrasonik-destekli ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen yağlarda kavurma işleminin tohum yağının yağ asidi kompozisyonunu arttırdığı görülmektedir.

5.2 Öneriler

Chia tohumu eski çağlardan beri insanlar arasında değerli bir tohum olarak görülmüş ve çeşitli amaçlarla kullanılmıştır. Günümüz teknolojisiyle değeri daha da iyi anlaşılan Chia, sayısız çalışmaya konu olmuştur. Chia'nın en önemli bileşenlerinden biri yüksek miktarda içerdiği Omega-3 yağ asididir. Bunun yanı sıra antioksidanlar açısından oldukça zengindir.

Yağlı tohumlardan yağ eldesinde tohuma önceden bir ısıtma işlemi uygulanması tohumdan yağ elde edilmesini kolaylaştırmakta ve daha yüksek verimde yağ elde edilmesini sağlamaktadır. İyi kalitede yüksek verimle yağ elde etmek için ön ısıtma işlemi rahatlıkla uygulanabileceği, fakat uygulanması gereken sıcaklığa dikkat edilmesi gerektiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmadan çıkan sonuçlar doğrultusunda uygulanan sıcaklığın artışına bağlı olarak yağ verimindeki artış ve serbest asitlik miktarındaki düşüş göz önüne alındığında, 120°C sıcaklıkta kavurma önerilmektedir.

Yağlı tohumların günümüzde birçok farklı yöntemlerle, yağı elde edilmektedir. En çok tercih edilen yöntemlerden biri soğuk pres yöntemidir. Soğuk pres yönteminde herhangi bir ısıtma işlemi uygulanmadığı için yağın bileşenlerinin korunduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda da soğuk pres ve ultrasonik-destekli ekstraksiyon ile elde edilen yağlarda yapılan analizlerde olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Ancak soğuk pres yönteminin, oldukça verimsiz olduğuda gözlemlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen bulgulara göre; ultrasonik-destekli ekstraksiyon yönteminin uygulanması, soğuk pres yöntemine göre daha verimli olması sebebiyle, önerilmektedir.

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.

Ahmed, M., Ting, I. P. ve Scora, R. W., 1994, Leaf oil composition of *Salvia hispanica* L. from three geographical areas, *Journal of Essential Oil Research*, 6 (3), 223-228.

Al-Sheraji, S. H., Ismail, A., Manap, M. Y., Mustafa, S., Yusof, R. M. ve Hassan, F. A., 2013, Prebiotics as functional foods: A review, *Journal of functional foods*, 5 (4), 1542-1553.

Alonso-Calderón, A., Chávez-Bravo, E., Rivera, A., Montalvo-Paquini, C., Arroyo-Tapia, R., Monterrosas-Santamaria, M., Jiménez-Salgado, T. ve Tapia-Hernández, A., 2013, Characterization of black chia seed (*Salvia hispanica* L.) and oil and quantification of β-sitosterol, *International Research Journal of Biological Sciences*, 2 (1), 70-72.

Álvarez-Chávez, L. M., Valdivia-López, M. d. l. A., Aburto-Juarez, M. d. L. ve Tecante, A., 2008, Chemical characterization of the lipid fraction of Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.), *International Journal of Food Properties*, 11 (3), 687-697.

Antruejo, A., Azcona, J., Garcia, P., Gallinger, C., Rosmini, M., Ayerza, R., Coates, W. ve Perez, C., 2011, Omega-3 enriched egg production: the effect of α-linolenic ω-3 fatty acid sources on laying hen performance and yolk lipid content and fatty acid composition, *British poultry science*, 52 (6), 750-760.

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

AOCS, 2003, Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. Cd 3d-63, Cd 8b-90, ve Ch 5-91. Champaign, AOCS Press.

Armstrong, D., 2004, Application For Approval of Whole Chia (*Salvia hispanica* L.) Seed and Ground Whole Seed as Novel Food İngredient, *Northern Ireland, R*.

Ayerza, R., 1995, Oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) from five northwestern locations in Argentina, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72, 1079-1081.

Ayerza, R. ve Coates, W., 2001a, Chia Seeds: New Source of Omega-3 Fatty Acids, Natural Antioxidants, and Dietetic fiber, *Southwest Center for Natural Products Research and Commercialization, Office of Arid Lands Studies, Tucson, Arizona, USA*.

Ayerza, R. ve Coates, W., 2001b, Omega-3 enriched eggs: the influence of dietary α-linolenic fatty acid source on egg production and composition, *Canadian Journal of Animal Science*, 81 (3), 355-362.

Ayerza, R. ve Coates, W., 2004, Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America, *Tropical Science*, 44 (3), 131-135.

Ayerza, R. ve Coates, W., 2005, Ground chia seed and chia oil effects on plasma lipids and fatty acids in the rat, *Nutrition Research*, 25 (11), 995-1003.

Ayerza, R. ve Coates, W., 2007, Effect of dietary α-linolenic fatty acid derived from chia when fed as ground seed, whole seed and oil on lipid content and fatty acid composition of rat plasma, *Annals of Nutrition and Metabolism*, 51 (1), 27-34.

Ayerza, R., 2009, The seed's protein and oil content, fatty acid composition, and growing cycle length of a single genotype of chia (*Salvia hispanica* L.) as affected by environmental factors, *Journal of Oleo Science*, 58 (7), 347-354.

Ayerza, R., 2010, Effects of seed color and growing locations on fatty acid content and composition of two chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87 (10), 1161-1165.

Ayerza, R. ve Coates, W., 2011, Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.), 1366-1371.

Ayerza, R., 2013, Seed composition of two chia (*Salvia hispanica* L.) genotypes which differ in seed color, *Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA)*, 25 (7).

Barreto, A. D., Gutierrez, É. M., Silva, M. R., Silva, F. O., Silva, N. O., Lacerda, I. C., Labanca, R. A. ve Araújo, R. L., 2016, Characterization and Bioaccessibility of Minerals in Seeds of *Salvia hispanica L.*, *American Journal of Plant Sciences*, 7 (15), 2323-2337.

Beltran-Orozco, M. ve Romero, M., 2003, La Chia, Alimento Milenario, Departamento de Graduados e Investigacion en Alimentos, *ENCB, IPN, Mexico*.

Bhatty, R., 1993, Further compositional analyses of flax: mucilage, trypsin inhibitors and hydrocyanic acid, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70 (9), 899-904.

Bochicchio, R., Philips, T. D., Lovelli, S., Labella, R., Galgano, F., Di Marisco, A., Perniola, M. ve Amato, M., 2015, Innovative crop productions for healthy food: the case of chia (*Salvia hispanica* L.), *The sustainability of agro-food and natural resource systems in the Mediterranean Basin*, 29-45.

Bockisch, M. ve Bockisch, M., 1998, Chlorinated polycyclic hydrocarbons and pesticides, *Fats and Oils Handbook. Ed. M. Bockisch, AOCS Press, Champaign, IL (USA)*, 709-710.

Bueno, M., Sapio, O. d., Barolo, M., Busilacchi, H., Quiroga, M. ve Severin, C., 2010, Quality tests of *Salvia hispanica L.*(Lamiaceae) fruits marketed in the city of Rosario (Santa Fe province, Argentina), *Boletin Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 9 (3), 221-227.

Büyüktuncel, E., 2012, Gelişmiş ekstraksiyon teknikleri I, *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi* (2), 209-242.

Campos, B. E., Ruivo, T. D., da Silva Scapim, M. R., Madrona, G. S. ve Bergamasco, R. d. C., 2016, Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier, *LWT-Food Science and Technology*, 65, 874-883.

Carvalho, I. S. d., Teixeira, M. ve Brodelius, M., 2011, Fatty acids profile of selected Artemisia spp. plants: Health promotion, *LWT-Food Science and Technology*, 44 (1), 293-298.

Coates, W., 1996, Production potential of chia in northwestern Argentina, *Industrial Crops and Products*, 5 (3), 229-233.

Coelho, M. S. ve Salas-Mellado, M., 2014, Chemical characterization of chia (*Salvia hispanica L.*) for use in food products, *Journal of Food and Nutrition Research*, 2 (5), 263-269.

Craig, R. ve Sons, M., 2004, Application for approval of whole chia (*Salvia hispanica L.*) seed and ground whole chia as novel food ingredients, *Advisory committee for novel foods and processes. Ireland: Company David Armstrong*, 1, 1-29.

Çakmakçı, S. ve Tahmas-Kahyaoğlu, D., 2012, Yağ Asitlerinin Sağlık ve Beslenme Üzerine Etkilerine Genel Bir Bakış, *Academic Food Journal/Akademik GIDA*.

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.

Dalgıç, L., Sermet, O. S. ve Özkan, G., 2011, Farklı Kavurma Sıcaklıklarının Menengiç Yağ Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi, *Academic Food Journal/Akademik GIDA*.

Dalla Pellegrina, C., Padovani, G., Mainente, F., Zoccatelli, G., Bissoli, G., Mosconi, S., Veneri, G., Peruffo, A., Andrighetto, G. ve Rizzi, C., 2005, Anti-tumour potential of a gallic acid-containing phenolic fraction from Oenothera biennis, *Cancer letters*, 226 (1), 17-25.

de la Paz Salgado-Cruz, M., Calderón-Domínguez, G., Chanona-Pérez, J., Farrera-Rebollo, R. R., Méndez-Méndez, J. V. ve Díaz-Ramírez, M., 2013, Chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage release characterisation. A microstructural and image analysis study, *Industrial Crops and Products*, 51, 453-462.

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.

Dunbar, B., Bosire, R. ve Deckelbaum, R., 2014, Omega 3 and omega 6 fatty acids in human and animal health: an African perspective, *Molecular and Cellular Endocrinology*, 398 (1-2), 69-77.

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

Ergene, E. ve Bingöl, E. B., 2019, Diyet Lif İçeriği Yüksek Bazı Gıdalar ve Beslenme Üzerindeki Etkileri, *Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 3 (1), 70-78.

Erim, N., 2019, Farklı ortam koşullarında yetiştirilen *Salvia hispanica* L. (chia) bitkisinin fitokompozisyon özelliklerinin belirlenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Espada, C., Berra, M., Martinez, M., Eynard, A. ve Pasqualini, M., 2007, Effect of chia oil (*Salvia hispanica*) rich in ω-3 fatty acids on the eicosanoid release, apoptosis and t-lymphocyte tumor infiltration in a murine mammary gland adenocarcinoma, *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 77 (1), 21-28.

Felisberto, M. H. F., Wahanik, A. L., Gomes-Ruffi, C. R., Clerici, M. T. P. S., Chang, Y. K. ve Steel, C. J., 2015, Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes, *LWT-Food Science and Technology*, 63 (2), 1049-1055.

Ferreira, T. R. B. ve Salgado, J. M., 2013, Caracterização nutricional e funcional da farinha de chia (*Salvia hispanica*) e sua aplicação no desenvolvimento de pães, *Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*.

Fu, L., Xu, B.-T., Xu, X.-R., Gan, R.-Y., Zhang, Y., Xia, E.-Q. ve Li, H.-B., 2011, Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits, *Food Chemistry*, 129 (2), 345-350.

Ghafoor, K., Aljuhaimi, F., Özcan, M. M., Uslu, N., Hussain, S., Babiker, E. E. ve Fadimu, G., 2018, Effects of roasting on bioactive compounds, fatty acid, and mineral composition of chia seed and oil, *Journal of Food Processing and Preservation*, 42 (10).

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.

Goh, K. K. T., Matia-Merino, L., Chiang, J. H., Quek, R., Soh, S. J. B. ve Lentle, R. G., 2016, The physico-chemical properties of chia seed polysaccharide and its microgel dispersion rheology, *Carbohydrate polymers*, 149, 297-307.

Gök, V. ve Serteser, A., 2003, Doğal antioksidanların biyoyararlılığı. 3, *Gıda Mühendisliği Kongresi*, 2-4.

Guevara-Cruz, M., Tovar, A. R., Aguilar-Salinas, C. A., Medina-Vera, I., Gil-Zenteno, L., Hernández-Viveros, I., López-Romero, P., Ordaz-Nava, G., Canizales-Quinteros, S. ve Guillen Pineda, L. E., 2011, A dietary pattern including nopal, chia seed, soy protein, and oat reduces serum triglycerides and glucose intolerance in patients with metabolic syndrome, *The Journal of nutrition*, 142 (1), 64-69.

Heuer, B., Yaniv, Z. ve Ravina, I., 2002, Effect of late salinization of chia (*Salvia hispanica*), stock (Matthiola tricuspidata) and evening primrose (Oenothera biennis) on their oil content and quality, *Industrial Crops and Products*, 15 (2), 163-167.

Imran, M., Nadeem, M., Manzoor, M. F., Javed, A., Ali, Z., Akhtar, M. N., Ali, M. ve Hussain, Y., 2016, Fatty acids characterization, oxidative perspectives and consumer acceptability of oil extracted from pre-treated chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, *Lipids in health and disease*, 15 (1), 162.

Ixtaina, V. Y., Nolasco, S. M. ve Tomas, M. C., 2008, Physical properties of chia (*Salvia hispanica L.*) seeds, *Industrial Crops and Products*, 28 (3), 286-293.

Ixtaina, V. Y., Martínez, M. L., Spotorno, V., Mateo, C. M., Maestri, D. M., Diehl, B. W., Nolasco, S. M. ve Tomás, M. C., 2011, Characterization of Chia Seed Oils Obtained by Pressing and Solvent Extraction, *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (2), 166-174.

Ixtaina, V. Y., Nolasco, S. M. ve Tomás, M. C., 2012, Oxidative stability of chia (*Salvia hispanica* L.) seed oil: effect of antioxidants and storage conditions, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89 (6), 1077-1090.

Kaya, E. C., 2019, Formulatıon And Characterization of Chia Seed Oil Nanoemulsıons, *Mıddle East Technıcal Unıversıty*.

Kim, K.-H., Tsao, R., Yang, R. ve Cui, S. W., 2006, Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions, *Food Chemistry*, 95 (3), 466-473.

Kırca, D., 2019, Farklı sıcaklıklar uygulanan üzüm çekirdeği yağlarının bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi, *Namık Kemal Üniversitesi*.

Koç, S., 2018, Farklı Model Sistemlerinde ve Koşullarında Chia Tohumunun Jelleşme Özelliklerinin İncelenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 5-20.

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. K., Mbwambo, Z., Chung, H., Luyengi, L., Gamez, E., Mehta, R., Kinghorn, A. ve Pezzuto, J., 1998, Evaluation of the antioxidant potential of natural products, *Combinatorial chemistry & high throughput screening*, 1 (1), 35-46.

Li, H., Pordesimo, L. ve Weiss, J., 2004, High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans, *Food research international*, 37 (7), 731-738.

Luchtman, D. W. ve Song, C., 2013, Cognitive enhancement by omega-3 fatty acids from child-hood to old age: findings from animal and clinical studies, *Neuropharmacology*, 64, 550-565.

Makris, D. P. ve Rossiter, J. T., 2001, Comparison of quercetin and a non-orthohydroxy flavonol as antioxidants by competing in vitro oxidation reactions, *Journal of agricultural and food chemistry*, 49 (7), 3370-3377.

Marineli, R., Moraes, É. A., Lenquiste, S. A., Godoy, A. T., Eberlin, M. N. ve Maróstica Jr, M. R., 2014, Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.), *LWT-Food Science and Technology*, 59 (2), 1304-1310.

Martínez-Cruz, O. ve Paredes-López, O., 2014, Phytochemical profile and nutraceutical potential of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) by ultra high performance liquid chromatography, *Journal of Chromatography A*, 1346, 43-48.

Martínez, M. L., Marín, M. A., Faller, C. M. S., Revol, J., Penci, M. C. ve Ribotta, P. D., 2012, Chia (*Salvia hispanica* L.) oil extraction: Study of processing parameters, *LWT-Food Science and Technology*, 47 (1), 78-82.

Matthäus, B. ve Spener, F., 2008, What we know and what we should know about virgin oils–a general introduction, *European journal of lipid science and technology*, 110 (7), 597-601.

Minitab, A., 1991, Minitab Reference Manual (release 10.1), Minitab Inc, *State University Michigan*.

Mohd Ali, N., Yeap, S. K., Ho, W. Y., Beh, B. K., Tan, S. W. ve Tan, S. G., 2012, The promising future of chia, *Salvia hispanica* L., *BioMed Research International*, 2012.

Moreira, R., Chenlo, F., Prieto, D. M. ve Torres, M. D., 2012, Water adsorption isotherms of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, *Food and bioprocess technology*, 5 (3), 1077-1082.

Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O. ve Aguilera, J. M., 2013, Chia Seed (*Salvia hispanica*): An Ancient Grain and A New Functional Food, *Food reviews international*, 29 (4), 394-408.

Noshe, A. S. ve Al-Bayyar, A. H., 2017, Effect of extraction method of Chia seeds Oil on its content of fatty acids and antioxidants.

Okada, Y., Okada, M. ve Sagesaka, Y., 2010, Screening of dried plant seed extracts for adiponectin production activity and tumor necrosis factor-alpha inhibitory activity on 3T3-L1 adipocytes, *Plant foods for human nutrition*, 65 (3), 225-232.

Olthof, M. R., Hollman, P. C. ve Katan, M. B., 2001, Chlorogenic acid and caffeic acid are absorbed in humans, *The Journal of nutrition*, 131 (1), 66-71.

Orona-Tamayo, D., Valverde, M. ve Paredes-López, O., 2017, Chia—The New Golden Seed for the 21st Century: Nutraceutical Properties and Technological Uses, In: Sustainable protein sources, Eds: Elsevier, p. 265-281.

Orozco de Rosas, G., Durán Puga, N., González Eguiarte, D. R., Zarazúa Villaseñor, P., Ramírez Ojeda, G. ve Mena Munguía, S., 2014, Proyecciones de cambio climático y potencial productivo para *Salvia hispanica* L. en las zonas agrícolas de México, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5 (SPE10), 1831-1842.

Özbek, T. ve Yeşilçubuk, N. Ş., 2018, Süper Besin: Chia Tohumu (*Salvia hispanica* L.), *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 46 (1), 90-96.

Özcan, M. M., Al-Juhaimi, F. Y., Ahmed, I. A. M., Osman, M. A. ve Gassem, M. A., 2019, Effect of soxhlet and cold press extractions on the physico-chemical characteristics of roasted and non-roasted chia seed oils, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13 (1), 648-655.

Pacheco, M. T. B. ve Sgarbieri, V., 2001, Alimentos funcionais: conceituação e importância na saúde humana, *SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE OS BENEFÍCIOS DA SOJA PARA A SAÚDE HUMANA*, 1, 37-40.

Parker, T. D., Adams, D., Zhou, K., Harris, M. ve Yu, L., 2003, Fatty acid composition and oxidative stability of cold-pressed edible seed oils, *Journal of food science*, 68 (4), 1240-1243.

Peiretti, P. ve Gai, F., 2009, Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds and plant during growth, *Animal Feed Science and Technology*, 148 (2-4), 267-275.

Pereira, A., Gagliardi, A., Lottenberg, A., Chacra, A., Faludi, A., Sposito, A., Casella-Filho, A., Araújo, D., Cesena, F. ve Ribeiro Filho, F., 2012, I Diretriz brasileira de hipercolesterolemia familiar (HF), *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 99 (2), 1-28.

Podsędek, A., 2007, Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review, *LWT-Food Science and Technology*, 40 (1), 1-11.

Porras-Loaiza, P., Jiménez-Munguía, M. T., Sosa-Morales, M. E., Palou, E. ve López-Malo, A., 2014, Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of M exican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, *International Journal of Food Science & Technology*, 49 (2), 571-577.

Radak, Z., Chung, H. Y. ve Goto, S., 2008, Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise, *Free Radical Biology and Medicine*, 44 (2), 153-159.

Reyes-Caudillo, E., Tecante, A. ve Valdivia-López, M., 2008, Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds, *Food Chemistry*, 107 (2), 656-663.

Rice-evans, C. A., Miller, N. J., Bolwell, P. G., Bramley, P. M. ve Pridham, J. B., 1995, The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids, *Free radical research*, 22 (4), 375-383.

Rosamond, W. D., 2002, Dietary fiber and prevention of cardiovascular disease, Journal of the American College of Cardiology.

Rosenthal, A., Pyle, D. ve Niranjan, K., 1996, Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction, *Enzyme and Microbial Technology*, 19 (6), 402-420.

Sarasvathi, V. ve Dr Many , J. N., 2017, Chia Seed *Salvia hispanica*)–An Antioxidant Potent to Pharmacological Activities, *International Journal of Scientific Research and Management*, 5 (7), 5949-5952.

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 and Technology*, 33 (3), 541-548.

Scapin, G., Schmidt, M., Prestes, R. ve Rosa, C., 2016, Phenolics compounds, flavonoids and antioxidant activity of chia seed extracts (*Salvia hispanica*) obtained by different extraction conditions, *International Food Research Journal*, 23 (6), 2341.

Schilling, R., 2018, The Best Foods For Your Heart.

Segura-Campos, M. R., Ciau-Solís, N., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L. ve Betancur-Ancona, D., 2014a, Physicochemical characterization of chia (*Salvia hispanica*) seed oil from Yucatán, México, *Agricultural Sciences*, 2014.

Segura-Campos, M. R., Ciau-Solís, N., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L. ve Betancur-Ancona, D., 2014b, Chemical and functional properties of chia seed (*Salvia hispanica* L.) gum, *International journal of food science*, 2014.

Shalmashi, A., 2009, Ultrasound-assisted extraction of oil from tea seeds, *Journal of food lipids*, 16 (4), 465-474.

Sılva, K. S. P. d. S., 2014, Tratamento farmacoterapêutico das dislipidemias: uma revisão da literatura.

Simopoulos, A. P., 2002, The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids, *Biomedicine & pharmacotherapy*, 56 (8), 365-379.

Son, S. ve Lewis, B. A., 2002, Free radical scavenging and antioxidative activity of caffeic acid amide and ester analogues: Structure− activity relationship, *Journal of agricultural and food chemistry*, 50 (3), 468-472.

Şimşek, E., 2009, Farklı kavurma tekniklerinin bazı yağlı tohum yağlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Talcott, S. T., Passeretti, S., Duncan, C. E. ve Gorbet, D. W., 2005, Polyphenolic content and sensory properties of normal and high oleic acid peanuts, *Food Chemistry*, 90 (3), 379-388.

Tepe, B., Sokmen, M., Akpulat, H. A. ve Sokmen, A., 2006, Screening of the antioxidant potentials of six Salvia species from Turkey, *Food Chemistry*, 95 (2), 200-204.

Thanos, C. A. ve Doussi, M. A., 1995, Ecophysiology of seed germination in endemic labiates of Crete, *Israel journal of plant sciences*, 43 (3), 227-237.

Timilsena, Y., Adhikari, R., Kasapis, S. ve Adhikari, B., 2016, Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds, *Carbohydrate polymers*, 136, 128-136.

Timilsena, Y. P., Vongsvivut, J., Adhikari, R. ve Adhikari, B., 2017, Physicochemical and thermal characteristics of Australian chia seed oil, *Food Chemistry*, 228, 394-402.

Tontul, S. A., Mutlu, C., Koç, A. ve Erbaş, M., 2018, Çiya Tohumundan Ultrason Destekli Yağ Ekstraksiyonunun Optimizasyonu, *GIDA/The Journal of FOOD*, 43 (3).

Tunçil, Y. E. ve Çelik, Ö. F., 2019, Total phenolic contents, antioxidant and antibacterial activities of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) having different coat color, *Akademik Ziraat Dergisi*, 8 (1), 113-120.

Ulbricht, C., Chao, W., Nummy, K., Rusie, E., Tanguay-Colucci, S., Iannuzzi, C. M., Plammoottil, J. B., Varghese, M. ve Weissner, W., 2009, Chia (*Salvia hispanica L.*): A Systematic Review by the Natural Standard Research Collaboration, *Reviews on recent clinical trials*, 4 (3), 168-174.

Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A., Imran, M., Mehmood, S., Javid, A. ve Hussain, J., 2016, Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review, *Journal of food science and technology*, 53 (4), 1750-1758.

Ullah, R., Nadeem, M. ve Imran, M., 2017, Omega-3 fatty acids and oxidative stability of ice cream supplemented with olein fraction of chia (*Salvia hispanica* L.) oil, *Lipids in health and disease*, 16 (1), 34.

Valdivia-López, M. Á. ve Tecante, A., 2015, Chia (*Salvia hispanica*): A Review of Native Mexican Seed and its Nutritional and Functional Properties, In: Advances in Food and Nutrition Research, Eds: Elsevier, p. 53-75.

Vuksan, V., Whitham, D., Sievenpiper, J. L., Jenkins, A. L., Rogovik, A. L., Bazinet, R. P., Vidgen, E. ve Hanna, A., 2007, Supplementation of conventional therapy with the novel grain Salba (*Salvia hispanica* L.) improves major and emerging cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: results of a randomized controlled trial, *Diabetes Care*, 30 (11), 2804-2810.

Yalçın, H., Dursun Çapar, T., Dedebaş, T. ve Ekici, L., 2019, Yağlı Tohumlarda Ultrasonik-Destekli Ekstraksiyon Yönteminin Avantajları.

Yeboah, S., Owusu Danquah, E., Lamptey, J., Mochiah, M., Lamptey, S., Oteng-Darko, P., Adama, I., Appiah-Kubi, Z. ve Agyeman, K., 2014, Influence of planting methods and density on performance of chia (*Salvia hispanica* L.) and its suitability as an oilseed plant, *Agric. Sci*, 2 (4), 14-26.

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 and food chemistry*, 52 (19), 5907-5913.

Yurt, M. ve Gezer, C., 2018, Chia Tohumunun (*Salvia hispanica*) Fonksiyonel Özellikleri ve Sağlık Üzerine Etkileri, *GIDA*, 43 (3), 446-460.

Zhang, L., Zhou, C., Wang, B., Yagoub, A. E.-G. A., Ma, H., Zhang, X. ve Wu, M., 2017, Study of ultrasonic cavitation during extraction of the peanut oil at varying frequencies, *Ultrasonics Sonochemistry*, 37, 106-113.

Zhang, Z.-S., Wang, L.-J., Li, D., Jiao, S.-S., Chen, X. D. ve Mao, Z.-H., 2008, Ultrasound-assisted extraction of oil from flaxseed, *Separation and Purification Technology*, 62 (1), 192-198.

Zijp, I. M., Korver, O. ve Tijburg, L. B. M., 2000, Effect of Tea and Other Dietary Factors on Iron Absorption, *Critical Reviews in Food Science Nutrition*, 40 (5), 371-398.