



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ÇÖREK OTU TOHUM VE YAĞLARININ
BİYOAKTİF VE FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ISIL İŞLEMİN
ETKİSİ

Merve KOÇAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Temmuz-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Merve KOÇAK tarafından hazırlanan “Çörek Otu Tohum ve Yağlarının Biyoaktif Özellikleri ve Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Başkan Unvanı Adı SOYADI
Danışman Unvanı Adı SOYADI
Üye Unvanı Adı SOYADI

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr.
FBE Müdürü

Bu tez çalışması BAP tarafından 20201019 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.

İmza

Merve KOÇAK
Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇÖREK OTU TOHUM VE YAĞLARININ BİYOAKTİF VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ISIL İŞLEMİN ETKİSİ

Merve KOÇAK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN
2021,52 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN
Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN
Doç. Dr. Hasan Hüseyin KARA

- Bu çalışmada, çörek otu tohum ve yağlarının biyoaktif ve fizikokimyasal özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi araştırılmıştır. *Nigella sativa* L. *Ranunculaceae* familyasına ait tek yıllık otsu çiçekli bir bitkidir. Çalışma esnasında etüv (120°C 10,20 ve 30 dk) ve mikrodalgada (720 Watt 5,10 ve 15 dk) farklı ısı işlem yöntemleri ile kavrulmuş elde edilen çörek otu tohumundan ve yağından ayrı ayrı ekstrakt çıkarma işlemi gerçekleştirilmiş ve bu doğrultuda çörek otu tohumunun nem, mineral, kül, protein, yağ asidi kompozisyonu, antioksidan aktivite değeri, karotenoid tayini, toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriğine ait analizler yapılmıştır. Çörek otu tohumunun varyans analiz sonuçları incelendiğinde kül, nem, protein ve yağ içerikleri istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre kavrulmamış çörek otu tohumunun nem içeriği mikrodalgada (720 Watt, 5, 10 ve 15 dk) ve etüvde (120 °C, 10, 20 ve 30 dk) kavrulmuş tohumların nem içeriğinden daha yüksek bulunmuştur. Protein, kül ve yağ içerikleri incelendiğinde ise; kavrulmamış çörek otu tohumu protein içeriğinin mikrodalgada (720 Watt 5,10 ve 15 dk) ve etüvde (120 °C 10,20 ve 30 dk) kavurma işlemi yapılan tohumlara göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada kavrulmamış çörek otunun nem içeriği %5.53, mikrodalgada kavrulmuş sürelerde açığa çıkan nem içeriği %3.90-3.32 aralığında, etüvde kavrulmuş sürelerde açığa çıkan nem içeriği % 4.34-3.41 aralığında tespit edilmiştir. Kavrulmamış çörek otu tohumunun yağ içeriği Soxhlet ekstraksiyon yöntemiyle %33.40 olarak elde edilmiştir. Makro düzeyde bulunan mineraller arasında en fazla mevcut olanlar potasyum (K), fosfor (P) ve kalsiyum (Ca) olmuştur. Çörek otu tohumu yağında oleik, palmitik, linoleik ve stearik asit en yüksek miktarlarda bulunan bileşenlerdir. Genel olarak uygulanan işlemler (mikrodalga 720W 5, 10 ve 15 dk, etüv 120°C 10, 20 ve 30 dk) arasında süre ve kavurma metotları uygulanmasıyla sonuçlar artan-azalan yönde değerler olsa da yağ asidi kompozisyonunda mikrodalgada 10 dk kavrulmuş olan çörek otunda en yüksek yağ asidi içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çörek otu tohum ve yağında yapılan fenolik bileşen, antioksidan, karotenoid, flavonoid ve toplam fenol analiz sonuçlarında ise süre ve ısı işlem sonucunda değerlerde artış-azalış yönünde dalgalanmalar meydana gelmiştir. Bu çalışma çörek otu tohum ve yağlarının bazı fitokimyasal ve biyoaktif özellikleri üzerine yapılan bir çalışma olup, elde edilen sonuçlar sadece tüketici ve gıda endüstrisi açısından yarar sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda sonraki çalışmalar için de kaynak oluşturabileceği düşünülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çörek otu, Fizikokimyasal özellik, mineral madde, yağ verimi

ABSTRACT

MS THESIS

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON BIOACTIVE AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF BLACK CUMIN SEED AND OILS

Merve KOÇAK

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

2021,52 Pages

Jury

Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN
Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN
Doç. Dr. Hasan Hüseyin KARA

In this study, the effect of heat treatment on the bioactive and physicochemical properties of black cumin seeds and oils were investigated. *Nigella sativa* L. is an annual herbaceous flowering plant belongs to the family *Ranunculaceae*. During the study, extraction from black cumin seeds and oil obtained by roasting with different heat treatment methods in an oven (120 °C 10, 20 and 30 min) and microwave (720 Watt 5, 10 and 15 min) was carried out separately and accordingly, analyzes of moisture, mineral, ash, protein, fatty acid composition, antioxidant activity value, carotenoid determination, total phenolic and total flavonoid content of black cumin seeds were made. When the variance analysis results of black cumin seed were examined, ash, moisture, protein and oil contents were found to be statistically significant ($p < 0.01$). According to the results of the study, the moisture content of the raw black cumin seed was found to be higher than the moisture content of the seeds roasted in the microwave (720 Watt, 5, 10 and 15 min) and oven (120 °C, 10, 20 and 30 min). When protein, ash content and oil yield are examined; It was observed that the protein content of raw black cumin seed was lower than the seeds roasted in microwave (720 Watt, 5, 10 and 15 min) and oven (120 °C, 10, 20 and 30 min). In the study, the moisture content of raw black seed was found to be 5.53%, the moisture content released during microwave roasting was between 3.90-3.32%, and the moisture content released during the roasting in the oven was between 4.34-3.41%. The oil content of raw black seed was found to be 33.40% by Soxhlet extraction method. Among the minerals at the macro level, the most available were determined as potassium (K), phosphorus (P) and calcium (Ca). In black cumin seed oil, oleic, palmitic, linoleic and stearic acid are the components with the highest amounts. Even though, the results take fluctuant values with the application of time and roasting methods between applied processes (microwave 720W 5, 10 and 15 minutes, oven 120°C 10, 20 and 30 minutes), the highest amounts fatty acid content was found in black cumin which was roasted in microwave for 10 minutes. Phenolic component, antioxidant, carotenoid, flavonoid and total phenol in black cumin seed and oil analysis results showed fluctuations in the direction of increase-decrease in values as a result of duration and heat treatment. This study is a study on some phytochemical and bioactive properties of black cumin seeds and oils, and it is thought that the results obtained not only provide benefits for the consumer and food industry, but also can be a source for future studies.

Keywords: Black cumin, Physicochemical properties, mineral matter, oil yield

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca tecrübe ve görüşleriyle; akademik bilgi, birikim ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli danışman hocam Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN'a bilimsel katkılarının yanı sıra anlayışı ve desteği için teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım boyunca ve tezimin son aşamasına kadar bilgi, tecrübe ve paylaşımcı tavrıyla üzerimde emeği olan Dr. Nurhan USLU'ya, tezimin son aşamasına her yardıma ihtiyacım olduğunda hep yanımda olan Gıda Müh. Sevim Yağmur GÜVEN'e, manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, Gıda Müh. Büşra Nur GÜNDOĞAN ve Mim. Cihangir DOĞRU'ya aynı zamanda tez çalışmalarım boyunca bana yardımcı olan yüksek lisans öğrencisi arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Son olarak bana her konuda destek olan, eğitimimi her şeyden önce tutan, doğru kararlar vermeme sağlayan ve bu doğrultuda benim hep arkamda duran canım annem Sevim KOÇAK'a, ablam Arzu KOÇAK UYAROĞLU'na, eniştem Ayhan UYAROĞLU'na ve biricik yeğenim Melih UYAROĞLU'na çok teşekkür ederim.

Merve KOÇAK
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Çörek otu tohumu	3
2.1.1. Çörek otu tohumunun kimyasal bileşimi	3
2.2. Çörek otu yağı.....	4
2.2.1. Çörek otu yağının kimyasal bileşimi	4
2.3. Yağ eldesi için kullanılan yöntemler	4
2.4. Çörek otu yağının sağlık üzerine etkisi.....	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	7
3.1. Materyal	7
3.2. Yöntem.....	7
3.2.1 Çörek otu tohumundan yağ ekstraksiyonu.....	7
3.2.2 Çörek otu yağından fenolik madde ekstraksiyonu.....	8
3.3. Analiz Yöntemleri.....	9
3.3.1 Çörek otu tohumunun fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi	9
3.3.2 Çörek otu yağının fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi.....	11
3.3.3. İstatistiksel analizler	13
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	14
4.1. Fizikokimyasal Özelliklere Ait Analiz Sonuçları	14
4.1.1. Çörek otu tohum ve yağlarının biyoaktif özelliklerine ait analiz sonuçları..	14
4.1.2. Çörek otu tohumunun nem, protein, yağ ve kül tayini sonuçları.....	19
4.1.3. Çörek otu tohumunun mineral madde içeriği	22
4.1.4. Çörek otu tohumu yağ asidi analizi sonuçları.....	26
4.1.4. Çörek otu tohum ve yağında fenolik bileşen analizi sonuçları	31
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	39
5.1 Sonuçlar	39
5.2 Öneriler	40
KAYNAKLAR	42
EKLER	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

% : Yüzde
g : Gram
kg : Kilogram
mg : Miligram
K: Potasyum
Na: Sodyum
Ca: Kalsiyum
Mg: Magnezyum
P: Fosfor
Fe: Demir
Zn: Çinko
L: Litre
ml : Mililitre
cm: Santimetre
mm: Milimetre
W: Watt
dk: Dakika
sn: Saniye
°C : Santigrat derece
Nm: Nanometre
Maks: Maksimum

Kısaltmalar

MHz: Megahertz
GHz: Gigahertz
MeOH: Metanol
H₂O: Su
AlCl₃: Alüminyum klorür
NaNO₂: Sodyum Nitrit
NaOH: Sodyum Hidroksit
KOH: Potasyum Hidroksit
SDS-PAGE: Sodyum Dodesil Sülfat-Poliakrilamid Jel Elektroforez
ICP-AES: İndüktif Olarak Çiftleşmiş Plazma- Atomik Emisyon Spektrometresi
EPA: Eikosapentanoik Asit
DHA: Dokosaheksanoik Asit
DPPH:2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
YPSK: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
FC: Folin Ciocalteu
rpm: Revolutions per minute
FID: Alev iyonlaştırma dedektörü

1. GİRİŞ

Çörek otu, *Ranunculaceae* (Düğünçiçeğigiller) familyasının *Nigella sativa* türü olup, halk arasında siyah kimyon tohumu, karamuk, siyah tohum veya bereket tanesi olarak bilinmektedir (Gün, 2012; Aslan, 2019). Türkiye’de çörek otunun 12 türü bulunmaktadır ve bu türler kimyasal ve farmakolojik özellikleri bakımından henüz incelenmemiştir. Bu türlerden *Nigella sativa*, *Nigella damascena* ve *Nigella arvensis* halk arasında en yaygın bilinen türler arasında yer almakta ve aynı zamanda tıbbi amaçla ve baharat olarak kullanılmaktadır. Bunlar arasında Türkiye’de tarım sektöründe adı geçen ve ticari amaçla da kullanılan tek tür *Nigella sativa*’dır (Nejdet ve ark., 2007). Türkiye’de ve diğer müslüman ülkelerde geleneksel tıpta ve gıda endüstrisinde pasta, peynir, ekmek ve turşu gibi çok çeşitli gıdalarda baharat veya lezzet katkısı olarak kullanılan çörek otu İslami literatürlerde de ölüm hariç her hastalığın tedavisi olarak nitelendirilmektedir (Aljabre ve ark., 2005; Nejdet ve ark., 2007; Ahmad ve ark., 2013).

Nigella kelimesi ismini, Latince siyahımsı anlamına gelen ‘‘*nigellus*’’dan almıştır. Çörek otu bitkisi de bu ismi tohumlarının siyah olmasından dolayı almıştır. Çörek otu, 20-30 cm boyunda olup, genellikle Haziran-Temmuz aylarında sarı, beyaz, pembe, soluk mavi, mor ve yeşil renklerde açan çiçeklere sahip olan otsu bir bitkidir. Yaprakları mızrak şeklinde olup çiçek kısımları genelde sekiz yapraktan meydana gelmektedir. Meyve kabuğu siyah olduğunda hasat edilir. Bunun sebebi siyah meyveleri oldukça fazla tohum barındırır kapsül şeklindedir. Bitkinin en önemli kısımları tohumları olup bu kısımlar oval, üç köşeli 3 mm uzunluğunda ve 1 cm genişliğindedir (İlisulu, 1992; Çakmakçı ve Çakır, 2011; Aslan, 2019).

Çörek otunun, dünyada Güney Avrupa, Orta Asya vb. ülkelerde tarımı yapılmaktadır. Ülkemizde ise Afyonkarahisar, Isparta, Burdur, Konya ve Samsun’da yaygın olarak üretilen bir bitkidir. Ayrıca Trakya ve Ege Bölgesinde de tarımı yapılmaktadır (Toncer ve Kizil, 2004; Akgören, 2011).

Gelişen teknoloji ve nüfusun hızla artmasından dolayı bazı sorunlar ortaya çıkmakta olup bu sorunların başında ise açlık ve yetersiz beslenme gelmektedir. İnsanlarda bu sorunlardan ötürü çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden gıda sektörü ve bilim dünyası, besleyici ve sağlıklı olmalarının yanında hastalık risklerini önlemede destekleyici bir rol üstlenen yeni gıdalar arayışı içindedirler (Roberfroid, 1999). Fonksiyonel gıdalar; metabolizmanın düzenlenmesine yardımcı olmak, biyolojik savunma mekanizmasını güçlendirmek, hayati riski yüksek olan bazı hastalıkların (kalp ve damar hastalıkları, kanser, hipertansiyon ve obezite gibi)

oluşumunu önleyebilmek, fiziksel ve mental koşulları kontrol altına alabilmek ve yaşlanma etkilerini geciktirmek gibi işlevlere sahiptir (Sheehy ve Morrissey, 1998). Fonksiyonel gıdalar kapsamına giren çörek otu (*Nigella sativa*), yüksek yağ içeriğine sahip olması, biyoaktif ve fizikokimyasal özellikleri nedeniyle yağ endüstrisinde ve farmasötik amaçla kullanılmaktadır. Çörek otunun fonksiyonel bileşenlerinden dolayı, insan beslenmesindeki önemi gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Yağlı tohum ve meyvelerde hücre içindeki yağ moleküllerini hücre dışına alabilmek ve akıcı hale getirebilmek için meyve ve tohumlara ısı işlem olarak kavurma uygulanması gerekir. Yağ içeren meyve ve tohumlara kavurma işleminin uygulanmasının sebebi, kavurma ile tohum ve meyvedeki proteinleri denatüre ederek yağ damlacıklarının birleşmesini ve bunun sonucunda bitkisel dokudaki yağın daha etkin ve kolay bir biçimde alınmasının sağlanması, tohumun katı yüzeyine yağın ilgisini azaltarak yağ veriminin artırılmasıdır (Dalgıç ve ark., 2011). Kavurma, baharat yağlarının üretilmesi için geleneksel yöntemdir. Kapsamlı işleme yöntemleri besin maddelerinin ve aktif olmayan enzimlerin varlığını artırırken kavurma işlemi istenen lezzet ve renklerin yanı sıra yağın aromasını da artırabilmektedir (Lee ve ark., 2004). Kavurma ayrıca yağın fenolik içeriğini ve antioksidan aktivitelerini de etkilemektedir (Chandrasekara ve Shahidi, 2011). Bununla birlikte, eğer kontrol edilmezse, bu işlem sırasında, aromalar ve toksik bileşikler (akrilamid içeriği) oluşturmak gibi olumsuz değişikliklere sebep olmaktadır (Stadler ve ark., 2002).

Son zamanlarda ısı işlem veya çözücü içermeyen, tohum yağı üretimi için kullanılan yöntem soğuk pres uygulaması olarak bilinir. Soğuk presleme ile ekstrakte edilen yağ doğal özelliklere sahiptir (Uquiche ve ark., 2008). Soğuk pres tekniğinin daha güvenli ve daha tercih edilebilir olmasının sebebi bu yöntem ile daha düşük verimde yağ elde edilmesine rağmen çözücü ekstraksiyonu ile gerçekleştirilen proseslerde olduğu gibi son üründe çözücü kalıntısına rastlama riski bulunmamasıdır (Lutterodt ve ark., 2010).

Çörek otu tohumu mikrodalga ve etüvde kavrulduktan sonra yağ içeriği Soxhlet ekstraksiyon metoduyla belirlenmiştir. Ayrıca tohum yağında yapılacak olan yağ asidi kompozisyonu, antioksidan aktivite, toplam fenol, karotenoid, flavonoid ve fenolik bileşen, içeriklerini tespit etmek için gerekli yağ soğuk pres yöntemiyle elde edilmiştir. Gerek çörek otu tohum ve gerekse tohum yağlarının bu fizikokimyasal özellikleri ve biyoaktif özellikleri üzerine mikrodalga ve etüvde kavurmanın etkisini belirlemek amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Çörek otu tohumu

2.1.1. Çörek otu tohumunun kimyasal bileşimi

Çörek otu bitkisi, fitokimyasal ve farmakolojik açıdan üzerinde oldukça fazla çalışılan bir bitki türüdür. Yetiştirildiği bölgenin iklimine, bitkinin hasat mevsimine ve çeşidine bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte çörek otu tohumlarının yapısında uçucu yağlar (%0.40-0.45), sabit yağlar (%32-42), proteinler (%16-19.9), lifler (%5.5), karbonhidratlar (%33.9), mineraller (%1.79-3.44), vitamin ve esansiyel amino asitler bulunmaktadır (Baytop, 1984; Randhawa ve Al-Ghamdi, 2002). Üstün ve ark. (1998) tarafından yapılan bir çalışmada çörek otu tohumlarında bulunan vitamin içerikleri incelenmiş ve sonucunda tohumların yüksek oranda tiamin, pridoksin ve niasin içerdikleri belirlenmiştir. Sabit yağın yapısında doymamış yağ asitlerinden oleik, linoleik, eikozadienoik, araşidonik ve linolenik asit bulunurken, doymuş yağ asitlerinden ise miristik, palmitik ve stearik asit bulunmaktadır. Uçucu yağın yapısında ise nigellon, karvakrol, *p*-cymene, *d*-limonen, α - ve β -pinen'in yanı sıra farmakolojik olarak aktif temel bileşenlerden başlıca timokinon, ditimokinon, timohidrokinon ve timol yer almaktadır (Baytop, 1984; Randhawa ve Al-Ghamdi, 2002; El-Tahir ve Bakeet, 2006).

Timokinon (C₁₀H₁₂O₂, 2-izopropil-5-metil 1, 4-benzokinon) çörek otu uçucu yağında %18.4-24 oranında bulunan en önemli biyoaktif bileşendir (Pari ve Sankaranarayanan, 2009). Timokinon, dihidrotimokinon, karvakrol, *p*-simen, α ve β -pinen, α -tujon ve *t*-anethol gibi uçucu yağ bileşenleri çörek otunu daha nitelikli bir hale getirmektedir. Bu yağlar gıdalarda oksidasyonun ve peroksitlenmenin baskılanması, insan ve hayvan organizmalarında serbest radikal kaynaklı oksidasyon-peroksidasyon reaksiyonlarına bağlı hücre hasarlarının önlenmesi ve onarılması süreçlerine doğrudan ilave edilen önemli antioksidan kaynağıdır (Burits ve Bucar, 2000; Sultan ve ark., 2009; Bulca, 2014).

2.2. Çörek otu yağı

2.2.1. Çörek otu yağının kimyasal bileşimi

Çörek otu bitkisinin tohumlarından soğuk pres yöntemiyle elde edilen yağ; kızılımsı sarı bir renk, acı bir tat ve aromatik bir kokuya sahiptir. Soğuk pres yöntemi oldukça hassas bir işlem olmakla birlikte esansiyel yağların elde edilmesi açısından oldukça önemlidir (Gharby ve ark., 2015). Linoleik asit (%50-60), oleik asit (%18-25), palmitik asit (%12-13), stearik asit (%2.4-4), araşidik asit (%0.1-0.4), eikosenoik asit (%0.1-0.4), araşidonik asit (%0.1-0.4), linolenik asit (%0.1-1) çörek otu yağında bulunan en yaygın yağ asitleridir (Roth ve Kormann, 2005). Çörek otu yağı, yüksek miktarda doğal antioksidan ve düşük miktardaki çoklu doymamış yağ asitleri içeriğinden dolayı birçok bitkisel yağın önüne geçmektedir (Cheikh-Rouhou ve ark., 2007). Oldukça yüksek besin değerine sahip olan bu yağ, yemeklerde ve salatalarda kullanıldığı gibi kozmetik sektöründe de yerini almıştır (Roth ve Kormann, 2005).

2.3. Yağ eldesi için kullanılan yöntemler

Çörek otu bileşiminde mevcut olan yağı elde etmek amacıyla farklı yöntemler uygulanmaktadır. 1300'lü yıllarda uçucu yağ eldesi için distilasyon metodu kullanılmış fakat 1500'lü yıllara gelindiğinde bilim ve teknoloji gelişme süresince farmakoloji gibi bilim dallarının da ihtiyaçlarına cevap verebilmek için daha az miktarda çözücü kullanılan uçucu yağ verimi daha yüksek, ekstraksiyon süresinin daha kısa olduğu, enerji tüketimi az ve çevre dostu olan yeni teknikler ortaya çıkmıştır. Uygulanan bu yöntemler arasında hekzan gibi organik çözücülerin kullanıldığı solvent ekstraksiyon, soğuk pres ve mikrodalga ekstraksiyon yer almaktadır (Wang ve Weller, 2006; Dülger ve ark., 2018; Kılıç, 2018).

Son teknolojilerden biri olan mikrodalga enerjisi birçok ısıtma yöntemine üstün bir alternatif olarak kabul edilir. Gıda endüstrisi 1970'lerin sonlarında, analitik uygulamada dielektrik ve mikrodalga ısıtma kullanılmaya başlanmıştır (Ramanadhan, 2005). Mikrodalga kullanımı pastörizasyon, yağ çıkarma, pişirme, sterilizasyon, kurutma, çözme ve ağartma işlemlerinde uygulanan ve işlem sırasında kolaylık sağlayan mikrodalga yöntemi, radyo dalgalarının yaklaşık 300 MHz-300 GHz frekansında ısıya

dönüştürülmesi prensibine dayanmaktadır (Singh ve Heldman, 2001; Tan ve ark., 2001). Mikrodalga ile ekstraksiyon yönteminin avantajı, ekstraksiyon süresinin ve kullanılan çözücü miktarının oldukça az olmasıdır. Etkinliği ise, büyük oranda çözücünün içeriğine, uygulanan mikrodalga gücüne bağlı olmasıdır. Mikrodalga ile ekstraksiyon iki farklı yolla gerçekleştirilmektedir. En yaygın yöntem ise kapalı sistem ekstraksiyonudur. Bu yöntem, sıcaklık ve basıncı kontrol edilebilen kapalı bir kap içerisinde gerçekleştirilmektedir. Bir diğer yöntem ise, atmosferik basınç altında gerçekleştirilen açık sistem ekstraksiyonu olarak bilinmektedir (Kaufmann ve Christen, 2002; Beejmohun ve ark., 2007; Kaufmann ve ark., 2007).

Ashraf ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, mikrodalga ve fırın işlemlerinin SDS-PAGE ile analiz edilen çörek otunun protein kalitesi üzerindeki etkisini göstermektedir. Mikrodalga ile muamele edilmiş numuneler, fırın ile muamele edilmiş numunelere kıyasla yüksek protein verimi ile sonuçlanmıştır.

Khoddami ve ark. (2011)'nin yaptığı çalışmada, Soxhlet ekstraksiyonu, modifiye Blich-Dyer metodu ve hekzan ekstraksiyonu karşılaştırılmıştır. Yağın fizikokimyasal özelliklerini ekstraksiyon süresi, sıcaklık ve kullanılan çözücü çeşidinin etkilediği görülmüştür. Bu üç metot incelendiğinde Soxhlet ekstraksiyonun diğerlerine kıyasla daha yüksek verime sahip olduğu, elde edilen yağda doymamış yağ asitlerinin oranının daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise, hekzan ile çözücü ekstraksiyonu yapılmış ve bunun sonucunda elde edilen yağda yüksek miktarda tokoferol tespit edilmiş ancak yağda çözücü kalıntısı bulunması ihtimalinden dolayı metot önerilmemiştir (Van Hoed ve ark., 2011).

Elde edilen yağın yüksek besin içeriğinden dolayı, soğuk pres methodu yağlı tohumlardan yağ elde etme sürecinde kullanılan bir yöntem olup bu yöntemin verimliliği diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre daha düşük ve ortaya çıkan yağ kalitesinin tamamen tohum kalitesiyle ilişkili olmasından dolayı verimi ve kaliteyi arttırmak amacıyla ön işlem uygulamaları ortaya çıkmıştır. Örneğin; yağlı tohumlardan soğuk pres ile elde edilen yağlarda ısı işlem yağın oksidasyon stabilitesinin daha yüksek olmasına sebep olur ve bu durum presleme esnasında antioksidanların daha iyi ekstrakte olmasından kaynaklanmaktadır (Matthäus ve Spener, 2008).

Kıralan (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, çörek otu yağının oksidasyon stabilitesi ve uçucu yağlar üzerinde ısı işlemin etkisi araştırılmıştır. Çörek otunun ısı işlem süresince oksidasyona karşı dayanıklılık gösterdiği saptanmıştır. Yağda mevcut olan uçucu yağ bileşikleri de analiz edilmiş ve sonuç olarak soğuk pres uygulanarak

elde edilen çörek otu yağının uçucu yağlarının 60 °C-100 °C'da iyi oksidasyon stabilitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yine Kıralan ve ark. (2014) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, çörek otu yağının stabilitesi ve fizikokimyasal özellikleri farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak araştırılmıştır. Bu yöntemlere bakıldığında ekstraksiyon tekniğinin çörek otu yağının kalitesi üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. Soğuk pres ile üretilen yağın oksidasyonun solvent ekstraksiyon yöntemine göre daha duyarlı olduğu tespit edilmiş ve mikrodalga ile ekstraksiyon yöntemine göre üretilen yağın timokinon içeriği açısından zengin olduğu kanısına varılmıştır.

2.4. Çörek otu yağının sağlık üzerine etkisi

Çörek otu, çeşitli rahatsızlıkların (astım, ishal, bronşit, romatizma ve cilt hastalıkları gibi) tedavisinde tıbbi bir bitki olarak kullanılmaktadır (Ahmad ve ark., 2013). Farmakolojik, biyolojik ve terapötik özelliklerinin geniş olması nedeniyle mucize bir şifalı bitki olarak ortaya çıkmaktadır (Moghimi ve ark., 2018; Mukhtar ve ark., 2019).

Çörek otu yağı, çeşitli sağlık yararları nedeniyle genellikle bir besin takviyesi olarak kullanılmaktadır ve antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser, antimikrobiyal ve gastroprotektif özellikleri ile yaygın olarak bilinmektedir (Ahmad ve ark., 2013; Mazaheri ve ark., 2019; Mukhtar ve ark., 2019).

Halawani (2009)'nin yapmış olduğu çalışmada çörek otunda bulunan biyoaktif bileşiklerden timokinon ve timohidrokinon'un *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Shigella flexneri*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritidis* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerine antibakteriyel etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda gram pozitif bakterilere karşı daha etkili olduğu ve timokinon, timohidrokinon ve bazı antibiyotiklerin potansiyel birer antibakteriyel oldukları saptanmıştır. Timokinon ve timohidrokinonun antibiyotiklere karşı kullanılabilceği kanısına varılmıştır.

Çörek otu, sağlık yararları için geleneksel yağlı mahsullere alternatif olarak kullanılabilen besleyici değeri yüksek yağ kaynağı (esansiyel yağ asitleri bakımından zengin) olarak kabul edilmektedir (Saxena ve ark., 2017).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, çörek otu (*Nigella sativa* L.) tohumları Konya'da yerel bir marketten temin edilmiştir. Tohumun içindeki sap, çöp, taş, toprak vb. organik ve inorganik maddeler, bozuk, kırık daneler uzaklaştırıldıktan sonra analizler yapılincaya kadar buzdolabı şartlarında muhafaza edilmiştir.

3.2. Yöntem

Çalışma esnasında çörek otu tohumu, etüv ve mikrodalga olmak üzere iki farklı yöntem ile kavurulmuştur. Çörek otu tohumu 300'er gram tartılarak numuneler kavurma işlemine hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan numuneler Etüvde 120 °C'de 10, 20 ve 30 dakikalık zaman dilimlerinde ısıtılma tabii tutulmuştur. Mikrodalgada ise 720 Watt'da 5, 10 ve 15 dakikalık zaman dilimlerinde ısıtılma tabii tutulmuştur. Her iki yöntemde de 2 mm kalınlığında tablalar üzerine serilerek kavurma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çörek otu tohumu mikrodalga ve etüvde kavrulduktan sonra yağ içeriği Soxhlet ekstraksiyon metoduyla belirlenmiştir. Ayrıca tohum yağında yapılacak olan tüm analizler için gerekli yağ soğuk pres yöntemiyle elde edilmiştir.

3.2.1 Çörek otu tohumundan yağ ekstraksiyonu

Etüvde 120 °C'de 10, 20 ve 30 dakikalık zaman dilimlerinde, mikrodalgada ise 720 Watt'da 5, 10 ve 15 dakikalık zaman dilimlerinde ısıtılma tabii tutulan her bir numuneden 2 g öğütülüp üzerine 20 ml metanol ilave edilmiştir. Ardından 6 saat çalkalamalı su banyosunda bekletilmiştir. Daha sonra 5000 rpm'de 15 dk santrifüj edildikten sonra santrifüjden çıkan tüplerdeki üst faz alınmıştır (Jan ve ark., 2019).

3.2.2 Çörek otu yağında fenolik madde ekstraksiyonu

Çörek otu tohumu yağında yapılacak olan tüm analizler için gerekli olan yağ soğuk pres yöntemiyle elde edilmiştir. Ardından ilk olarak yağdan ekstrakt çıkarma işlemi için her numuneden 2 g yağa 5 ml hegzan ilave edilmiştir. Daha sonra 10 ml MeOH:dH₂O (80:20,v/v) eklenmiş ve 2 dk vortekslenen örnekler 3000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüjden çıkan tüplerdeki alt faz alınmıştır ve kalan yağ fazın üzerine 10 ml MeOH:dH₂O (80:20,v/v) eklenmiştir. Bu işlem 2 kez tekrarlanmıştır. Ardından metanol fazları ayrılmış ve 35 °C'de evapore edilmiştir. Daha sonra üzerine 15 ml asetonytril eklenmiştir. Elde edilen karışım 15 ml hegzan ile yıkanmıştır. Bu işlem 5 kez tekrarlanmıştır. Ardından 30 °C'de evapore edilmiş ve 10 ml MeOH'de çözülmüştür (Ramadan ve Mörsel, 2004).

Çalışma esnasında farklı ısıl işlem yöntemleri ile kavrularak elde edilen çörek otu tohum ve yağında ayrı ayrı ekstrakt çıkarma işlemi gerçekleştirilmiş ve bu doğrultuda belirlenen analizler yapılmıştır. Çörek otu tohumunda bazı fizikokimyasal özellikleri belirlemek amacıyla nem, mineral, kül, protein analizleri gerçekleştirilmiştir. Çörek otu yağında ise yağ asidi kompozisyonu analizi yapılmıştır. Buna ilave olarak çörek otu tohumunda ve yağında antioksidan aktivite, karotenoid, flavonoid, toplam fenol, yağ asidi kompozisyonu, fenolik bileşen analizleri yapılmıştır. Çörek otu yağında da aynı şekilde antioksidan aktivite, karotenoid, flavonoid, toplam fenol, fenolik bileşen analizleri gerçekleştirilmiştir.

Denemeler tesadüf parselleri deneme tertibine göre, iki tekerrürlü üç paralel olacak şekilde yürütülmüştür.

3.3. Analiz Yöntemleri

3.3.1 Çörek otu tohumunun fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi

3.3.1.1. Nem Tayini

Çörek otu tohumunun % nem içeriği AOAC (2000)'e göre belirlenmiştir.

3.3.1.2. Protein Tayini

Çörek otu tohumunun toplam protein içeriği AOAC (2000)'e göre belirlenmiştir.

3.3.1.3. Kül Tayini

Çörek otu tohumunun toplam kül içeriği AOAC (2000)'e göre belirlenmiştir.

3.3.1.4. Yağ Tayini

Toplam yağ içeriği için kavrulmamış ve kavrulmuş çörek otu tohumu, öğütülerek belirlenen miktarlarda kartuş içine tartımı yapılmış ve 5 saat boyunca Soxhlet Aparatında petrol eteriyle ekstrakte edilmiştir. Daha sonra çözücü (solvent), 50 °C'de bir rotary evaporatörde buharlaştırılıp uzaklaştırılmıştır (AOAC, 1990). Geriye kalan residue gravimetrik olarak tartılıp yağ içeriği % olarak hesaplanmıştır. Yağ içeriği, aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

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

3.3.1.5. Mineral madde içeriğinin belirlenmesi

Çörek otu tohumu numunelerinin mineral madde içeriği Skujins (1998)'e göre belirlenmiştir. Mineral madde içerikleri, İndüktif Olarak Çiftleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektrometresi (ICP AES) (Varian-Vista,Avustralya) ile tespit edilmiştir. Sonuçlar mg / kg olarak ifade edilmiştir. ICP-AES'in çalışma koşulları: Alet: ICP-AES (Varian-Vista), RF Güç: 0.7-1.5 kw (1.2-1.3 kw Eksenel), Plazma gaz akış oranı (Ar): 10.5-15 L/dk. (radyal): 15'' (Eksenel), Yardımcı gaz akış oranı (Ar): 1.5'',

Görüntüleme yüksekliği: 5-12 mm, Kopyalama ve okuma süresi: 1-5 sn (maks. 60 sn)
Kopyalama süresi: 3 s (maks. 100 sn).

3.3.1.6. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi

Lee ve ark. (1998)'nin yapmış olduğu çalışmaya göre; 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) kullanılarak yapılmıştır. 0.1 ml ekstrakt 2 ml DPPH çözeltisi ile karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dk bekletilen örneklerin absorbans değerleri 517 nm'de ölçülmüştür.

3.3.1.7. Toplam fenolik içeriği

Çörek otu tohumu numunelerinin toplam fenolik içeriği, Yoo ve ark. (2004)'a göre Folin Ciocalteu (FC) ayırıcı kullanılarak belirlenmiştir. 0.5 ml ekstrakt, 2.5 ml Folin Ciocalteu ayırıcı ve 1.5 ml sodyum karbonat çözeltisi (%7.5) ile karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında ve karanlıkta 2 saat bekletilen örneklerin absorbans değerleri 725 nm'de ölçülmüştür.

3.3.1.8. Toplam flavonoid içeriği

Çörek otu tohumu numunelerinin toplam flavonoid içeriği, Dewanto ve ark. (2002)'na göre tespit edilmiştir. Metanol ekstraktları, distile su ile seyreltilmiştir. Her test tüpüne %5 NaNO₂ solüsyonu ilave edilmiştir. 5 dakika sonra %10 AlCl₃ çözeltisinden ilave edilmiş ve 6 dakika sonra 1.0 M NaOH çözeltisinden eklenmiştir. Bu süre sonunda toplam hacim distile 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 Kateşol kullanılarak hazırlanmıştır. Flavonoid içeriği kuru ağırlığı (mg CE/ g DW) başına mg Kateşol eşdeğerleri (CE) olarak ifade edilmiştir.

3.3.1.9. Fenolik bileşen analizi

Çörek otu tohumu ekstraktlarının fenolik bileşen profili yüksek performanslı sıvı kromatografisinde (YPSK) 280 ve 330 nm’de gerçekleştirilmiştir. Cihazın çalışma koşulları; Cihaz: Shimadzu LC 10A vp, Kyoto, Japonya, Yazılım: PC running Class VP chromatography manager software (Shimadzu, Japonya), Enjeksiyon hacmi: 20 µl Kolon: Inertsil ODS3 analitik kolon (GL Sciences, Japonya), (5µm, 25cm x 4.6mm i.ç.) Hareketli faz: A (%0.05 asetik asit sulu çözeltisi), B (asetonitril), Akış hızı: 1 ml/min, Dedektör: Shimadzu SPD-M20 A DiodeArray Dedektör, Sıcaklık: 30°C olarak programlanmıştır. Ayrıca her bir örnek için kromatogram elde etme süresi 60 dk olarak ayarlanmıştır.

3.3.1.10. Karotenoid tayini

Çörek otu tohumunun karotenoid tayini, da Rocha ve ark. (2015)’e göre belirlenmiştir. 2 g öğütülmüş örnek tartıldıktan sonra üzerine 25 ml aseton eklenmiştir. Karışım 10 dakika boyunca çalkalanmış olup ardından filtre kağıdı (Whatman No.1) kullanılarak süzölmüş ve bir ayırma hunisi içine alınmıştır. Süzöntü, 20 ml petrol eteriyle fraksiyon haline getirilmiş ve asetonun uzaklaştırılması için 100 ml distile su ile yıkanmıştır. Bu adımlar iki kez tekrarlanmıştır. Petrol eteri katmanının süzölmesi ve kalıntı suyu uzaklaştırmak için susuz sodyum sülfat (5 g) kullanılarak Whatman No. 1 süzme kağıdı ile süzölmüştür Ekstraktların hacmi, petrol eteriyle 25 ml’ye kadar tamamlanmıştır. Bu işlemlerden sonra örneklerin absorpsiyonu 450 nm’de spektrofotometreyle ölçölmüştür.

3.3.2 Çörek otu yağının fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi

3.3.2.1. Yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi

Çörek otu tohumundan ekstrakte edilen yağların esterleştirme işlemi ISO-5509 metoduna 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 olarak ayarlanmıştır. Mobil faz olarak azot gazı kullanılmış ve akış hızı 1.51 ml/dk olarak belirlenmiştir. Toplam akış hızı 80 ml/dk, split oranı 1/40 ml/dk'dır. Sıcaklık programı; 90 °C'den 240 °C'ye yükselt, 7dk tut, 5 °C/dk artarak bu sıcaklıkta 15 dk bekle şeklinde programlanmıştır.

3.3.2.2. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi

Çörek otu yağının antioksidan aktivitesi, Lee ve ark. (1998)'nin yapmış olduğu çalışmaya göre belirlenmiştir. Oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dk bekletilen örneklerin absorbans değerleri 517 nm'de ölçülmüştür.

3.3.2.3. Toplam fenolik içeriği

Çörek otu yağının toplam fenol içeriği, Yoo ve ark. (2004)'a göre belirlenmiştir. Oda sıcaklığında ve karanlık ortamda 2 saat bekletilen örneklerin absorbans değerleri 725 nm'de ölçülmüştür.

3.3.2.4. Toplam flavonoid içeriği

Çörek otu yağı numunelerinin toplam flavonoid içeriği, Dewanto ve ark. (2002)'na göre belirlenmiştir.

3.3.2.5. Fenolik bileşen analizi

Çörek otu yağı ekstraktlarının fenolik bileşen profili yüksek performanslı sıvı kromatografisinde (YPSK) 280 ve 330 nm'de gerçekleştirilmiştir. Cihazın çalışma koşulları çörek otu tohumu ekstraktlarının çalışma koşulları ile aynı olacak şekilde programlanmıştır.

3.3.2.6. Karotenoid tayini

Çörek otu yağında karotenoid tayini, soğuk preste ekstrakt ettiğimiz her bir numunenin 470 nm'de değerleri belirlenmiştir.

3.3.3. İstatistiksel analizler

Araştırma sonuçlarına göre elde edilen veriler MINITAB yazılım versiyonu 16 kullanılarak analiz edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemli olup olmadığı Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılarak belirlenmiştir.



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Fizikokimyasal Özelliklere Ait Analiz Sonuçları

4.1.1. Çörek otu tohum ve yağlarının biyoaktif özelliklerine ait analiz sonuçları

4.1.1.1. Çörek otu tohum ve yağında toplam karotenoid, toplam flavonoid, toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivite değeri analiz sonuçları

Mikrodalga (720 Watt) ve etüvde (120 °C) farklı sürelerde kavrulan çörek otu tohumunun biyoaktif özelliklerine (karotenoid, flavonoid, toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivite değeri) ait Varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, Tukey Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çörek otu tohumunda toplam karotenoid, toplam flavonoid, toplam fenol içeriği ve antioksidan aktivite değerine ait Varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Karotenoid		Toplam Flavonoid		Toplam Fenolik		Antioksidan Aktivite	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çörek otu	6	1.1328	487.07**	7033	5.70*	1832.9	74.05**	235.28	418.52**
Hata	7	0.0023		1234		24.8		0.56	
Toplam	13								

*p<0.05 seviyesinde önemli, **p<0.01 seviyesinde önemli

Çizelge 4.2. Çörek otu tohumunda karotenoid, flavonoid, toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivite değerine ait sonuçlar .

Kavurma İşlemi	Süre (dk)	N	Karotenoid (mg/g)	Toplam Flavonoid (mg/L)	Toplam Fenolik (mg/100g)	Antioksidan Aktivite (%)
Kontrol		2	0.3858 ^c ±0.00	160.50 ^a ±0.04	45.42 ^b ±0.59	15.53 ^d ±0.13
	5	2	1.1815 ^b ±0.03	148.00 ^a ±0.28	50.31 ^b ±1.33	16.31 ^c ±0.41
	10	2	1.2539 ^{ab} ±0.07	144.30 ^a ±0.37	59.69 ^b ±2.80	21.97 ^b ±0.24
Mikrodalg(720 W)	15	2	2.6283 ^a ±0.03	278.00 ^a ±0.58	126.77 ^a ±1.22	44.38 ^a ±0.89
	10	2	0.5305 ^{de} ±0.00	249.70 ^a ±0.01	40.94 ^b ±0.70	14.27 ^{cd} ±0.80
	20	2	0.9645 ^c ±0.07	248.00 ^a ±0.64	46.88 ^b ±3.5	20.53 ^b ±0.85
Etüv (120 °C)	30	2	0.6752 ^d ±0.07	145.50 ^a ±0.06	45.83 ^b ±0.88	13.20 ^d ±0.12

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0.01) birbirinden farklıdır.

Çörek otu tohumunun biyoaktif özelliklerine ait Varyans analiz sonuçları incelendiğinde karotenoid, toplam fenolik içerikleri ve antioksidan aktivite değeri istatistiki açıdan önemli (p<0.01) ve toplam flavonoid içeriği p<0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Kavrulmamış çörek otu tohumunda karotenoid içeriği 0.3858 mg/g olarak tespit edilmiştir. Mikrodalgada 5, 10 ve 15 dakikada kavrulmuş çörek otu tohumunda ise bu içerik 1.1815-2.6283 mg/g aralığında değişmektedir. Etüvde 10, 20 ve 30 dakikalık zaman dilimlerinde kavrulmuş çörek otu tohumunda ise 0.5305-0.9645 mg/g aralığında değişmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde mikrodalgada kavurma işleminde karotenoid içeriğinde artış gözlemlenirken etüvde kavurma işleminde dalgalanmalar meydana gelmiştir.

Kavrulmamış çörek otu tohumunda flavonoid içeriği 160.50 mg/L olarak tespit edilmiştir. Mikrodalgada 5, 10 ve 15 dk da kavrulmuş çörek otu tohumunda ise bu içerik 144.30-278 mg/L aralığında değişmektedir. Etüvde 10, 20 ve 30 dakikalık zaman dilimlerinde kavrulmuş çörek otu tohumunda ise 145.50-249.70 mg/L aralığında değişmektedir. Kavrulmamış çörek otu tohumu ile kıyasladığımızda mikrodalgada kavurma işleminde flavonoid içeriğinde artış gözlemlenirken etüvde kavurma işleminde azalış meydana gelmiştir.

Kavrulmamış çörek otu tohumunda toplam fenolik içeriği 45.42 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Mikrodalgada 5, 10 ve 15 dakikada kavrulmuş çörek otu tohumunda ise bu içerik 50.31-126.77 mg/100 g aralığında değişmektedir. Etüvde 10, 20 ve 30

dakikalık zaman dilimlerinde kavrulmuş çörek otu tohumunda ise 40.94-46.88 mg/100 g aralığında değişmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde mikrodalgada kavurma işleminde toplam fenolik içeriğinde artış gözlemlenirken etüvde kavurma işleminde dalgalanmalar meydana gelmiştir.

Kavrulmamış çörek otu tohumunda antioksidan aktivite değeri %15.53 olarak tespit edilmiştir. Mikrodalgada 5, 10 ve 15 dakikada kavrulmuş çörek otu tohumunda ise bu değer %16.31-44.38 aralığında değişmektedir. Etüvde 10, 20 ve 30 dakikalık zaman dilimlerinde kavrulmuş çörek otu tohumunda ise %13.20-20.53 aralığında değişmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde mikrodalgada kavurma işleminde antioksidan aktivite değerinde artış gözlemlenirken etüvde kavurma işleminde dalgalanmalar meydana gelmiştir.

Kavrulmamış çörek otu tohumu yağı, mikrodalga (720 Watt'ta, 5, 10 ve 15 dk) ve etüvde (120 °C'de 10, 20 ve 30 dk) kavurulmuş olan çörek otu tohumu yağının karotenoid, toplam flavonoid, toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivite değerine ait Varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'da, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.4'da verilmiştir.

Çizelge 4.3. Soğuk presle elde edilen çörek otu yağında karotenoid, toplam flavonoid, toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivite değerine ait Varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Karotenoid		Toplam Flavonoid		Toplam Fenolik		Antioksidan Aktivite	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çörek otu	6	879.48	143087.72**	1098.5	35.41*	53.252	94.51**	734.05	1048.31**
Hata	7	0.01		31		0.563		0.70	
Toplam	13								

**p<0.01 seviyesinde önemli

Çizelge 4.4. Soğuk presle elde edilen çörek otu yağında karotenoid, toplam flavonoid, toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivite değerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Kavurma İşlemi	Süre (dk)	N	Karotenoid (mg/g)	Toplam Flavonoid (mg/L)	Toplam Fenolik (mg/100g)	Antioksidan Aktivite (%)
Kontrol		2	49.72 ^g ±0.00	61.50 ^a ±1.06	9.84 ^c ±0.66	40.76 ^e ±0.08
	5	2	73.11 ^d ±0.06	5.25 ^{bc} ±1.76	15.78 ^{ab} ±0.22	58.16 ^b ±1.16
Mikrodalga (720 W)	10		83.43 ^c ±0.06	7.75 ^b ±0.00	18.59 ^a ±0.22	62.27 ^a ±0.32
	15	2	111.40 ^a ±0.00	13.38 ^b ±0.61	14.38 ^b ±1.62	45.16 ^d ±0.49
	10	2	96.28 ^b ±0.17	16.00 ^c ±3.53	13.02 ^b ±0.00	48.48 ^c ±0.64
Etüv (120 °C)	20	2	62.26 ^f ±0.00	9.00 ^b ±0.71	14.27 ^b ±0.88	55.82 ^b ±0.61
	30	2	68.62 ^e ±0.07	13.33 ^b ±0.08	13.13 ^b ±0.00	64.81 ^a ±0.32

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p < 0.01$) birbirinden farklıdır.

Çörek otu tohumu yağı varyans analiz sonuçları incelendiğinde biyoaktif özellikler (toplam karotenoid, toplam flavonoid, toplam fenol ve antioksidan aktivite değeri) istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur.

Kavrulmamış çörek otu tohumu yağında toplam karotenoid içeriği 49.72 mg/g olarak tespit edilmiştir. Mikrodalgada 5, 10 ve 15 dakikada kavrulmuş çörek otu tohumu yağında ise bu içerik 73.11-111.40 mg/g aralığında değişmektedir. Etüvde 10, 20 ve 30 dakikalık zaman dilimlerinde kavrulmuş çörek otu tohumu yağında ise 62.26-96.28 mg/g aralığında değişmektedir. Kavrulmamış çörek otu tohumu yağına göre en yüksek toplam karotenoid içeriğinin mikrodalga 15 dakikada olduğu tespit edilmiştir. Bunun aksine en düşük karotenoid içeriğinin ise kavrulmamış çörek otu tohumunda olduğu saptanmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde mikrodalgada kavurma işleminde karotenoid içeriğinde artış gözlemlenirken etüvde kavurma işleminde dalgalanmalar meydana gelmiştir. Kavurma işleminin sonucunda toplam karotenoid içeriğinin kavrulmamış çörek otu tohumuna oranla gözle görülebilir ölçüde arttığı saptanmıştır.

Kavrulmamış çörek otu tohumu yağında toplam flavonoid içeriği 61.50 mg/L olarak tespit edilmiştir. Mikrodalgada 5, 10 ve 15 dakikada kavrulmuş çörek otu tohumu yağında ise bu içerik 5.25-13.38 mg/L aralığında değişmektedir. Etüvde 10, 20 ve 30 dakikalık zaman dilimlerinde kavrulmuş çörek otu tohumu yağında ise 9.00-16.00 mg/L aralığında değişmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde kavrulmamış çörek otu tohumuna göre mikrodalgada ve etüvde kavurma işleminde toplam flavonoid içeriğinde azalış meydana gelmiştir.

Toplam fenol içeriği kavrulmamış çörek otu yağında 9.84 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Mikrodalgada 5, 10 ve 15 dakikada kavrulmuş çörek otu tohumu yağında ise bu içerik 14.38-18.59 mg/100 g aralığında değişmektedir. Etüvde 10, 20 ve 30 dakikalık zaman dilimlerinde kavrulmuş çörek otu tohumu yağında ise 13.02-14.27 mg/100 g aralığında değişmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde mikrodalga ve etüvde kavurma işleminde toplam fenol içeriğinde kavrulmamış çörek otu tohumuna kıyasla artış meydana gelmiştir.

Antioksidan aktivite değeri kavrulmamış çörek otu tohumu yağında %40.76 olarak tespit edilmiştir. Mikrodalgada 5, 10 ve 15 dakikada kavrulmuş çörek otu tohumu yağında ise bu değer %45.16-62.27 aralığında değişmektedir. Etüvde 10, 20 ve 30 dakikalık zaman dilimlerinde kavrulmuş çörek otu tohumu yağında ise %48.48-64.81 aralığında değişmektedir. Kavrulmamış çörek otuna göre mikrodalga ve etüvde belirli sürelerle kavurmanın toplam antioksidan değerini arttırdığı saptanmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde mikrodalgada kavurma işleminde antioksidan değerinde artış gözlemlenirken etüvde kavurma işleminde dalgalanmalar meydana gelmiştir.

Sultan ve ark. (2009) tarafından yapılan *in vitro* çalışmalarda, çörek otu uçucu yağının sabit yağdan daha yüksek antioksidan etkiye sahip olduğunu saptamışlardır. Çörek otu yağında çoklu doymamış yağ asitleri, karotenoidler ve tokoferollerin (450 mg/kg yağ), tohumunda ise timokinon içeriğinin (201.3 mg/kg tohum) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak; çörek otunun antioksidan özelliği ile ilgili yapılan başka bir çalışmada, antioksidan aktivitesinin sadece timokinona bağlı olmadığı, karvakrol gibi diğer bileşenlere de bağlı olduğu belirlenmiştir (Machmudah ve ark., 2005).

Burits ve Bucar (2000) tarafından yapılan bir çalışmada çörek otunda soxhlet ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen yağın antioksidan aktivitesinin yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Buna ilaveten lipit peroksidasyonunu *N. sativa*'nın temel uçucu yağ bileşenlerinden timokinon, karvakrol, 4-terpineol, *t*-anetol ve kersetinin inhibe ettiğini öne sürmüşlerdir.

Jan ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada işlenmemiş çörek otu tohumundan elde edilen unun toplam fenolik içeriği 21.04 mg gallik asit eşdeğeri (GAE) / g olarak tespit edilmiştir. Kavurma, mikrodalgada kavrulmuş numune durumunda toplam fenolik içeriğini 23.78 mg gallik asit eşdeğeri (GAE) / g ve tavada kavrulmuş numune durumunda 23.20 mg gallik asit eşdeğeri (GAE) / g'ye yükseltmiştir.

Sonuç olarak kavrulmuş çörek otu tohum ve tohum yağının biyoaktif özellikleri kavrulmamış çörek otununkine göre biraz yüksek bulunmuş ama kantitatif değerlerinde kısmi artış olmasına rağmen kavurma süresine bağlı olarak farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılıkların sebebi muhtemelen bitkinin yetiştirme sırasında yeterli fenolik bileşenlerin sentezlenememesinden kaynaklanmış olabilir. Buna ilaveten kavurma sırasında bazı biyoaktif bileşenlerin artmasının sebebi bağlı biyoaktif bileşenlerin ısının etkisiyle serbest hale geçmesinden kaynaklanmış olabilir.

4.1.2. Çörek otu tohumunun nem, protein, yağ ve kül tayini sonuçları

Çörek otu tohumu nem, protein, yağ ve kül miktarlarının Varyans analiz sonuçları çizelge 4.5'te, Tukey Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.6'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.5. Çörek otu tohumu nem, protein, yağ ve kül değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyasyon Kaynakları	SD	Nem		Protein		Yağ		Kül	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çörek otu	6	1.1286	26.29**	2.3370	12.34**	17.9854	47.69**	0.07899	381.37
Hata	7	0.0429		0.1893		0.377		0.0002	
Toplam	13								

**p<0.01 seviyesinde önemli.

Çizelge 4.6. Çörek otu tohumu nem, protein, yağ ve kül değerlerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (%).

Kavurma işlemi	Süre (dk)	n	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
Kontrol		2	5.53±0.31 ^a	15.85±0.20 ^c	33.40±0.28 ^c	3.955±0.01 ^e
Mikrodalga (720W)	5	2	3.90±0.16 ^{bc}	16.85±0.06 ^{bc}	36.20±0.28 ^b	4.180±0.00 ^d
	10	2	3.74±0.06 ^{bc}	18.84±0.20 ^a	41.40±0.10 ^b	4.435±0.02 ^a
	15	2	3.32±0.8 ^c	18.25±0.19 ^{ab}	41.40±0.10 ^a	4.335±0.01 ^b
Etüv (120°C)	10	2	4.34±0.31 ^b	18.43±0.08 ^{ab}	39.20±0.10 ^a	3.970±0.03 ^e
	20	2	3.76±0.21 ^{bc}	17.19±0.08 ^{abc}	40.80±0.10 ^a	4.255±0.01 ^c
	30	2	3.41±0.15 ^c	16.75±0.16 ^{bc}	39.40±0.10 ^a	4.425±0.01 ^a

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p < 0.01$) birbirinden farklıdır.

Çörek otu tohumunun varyans analiz sonuçları incelendiğinde kül, nem, protein ve yağ içerikleri istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre kavrulmamış çörek otu tohumunun nem içeriği mikrodalgada (720 Watt'ta 5, 10 ve 15 dk) ve etüvde (120 °C'de 10, 20 ve 30 dk) kavru lan tohumların nem içeriğinden daha yüksek bulunmuştur. Mikrodalgada kavurma işleminde süreler kendi içinde karşılaştırıldığında en yüksek nem içeriğinin mikrodalga 5 dakikada olduğu kavurma süresi arttıkça nem içeriğinin düştüğü gözlenmiştir. Etüvde kavurma işleminde süreler incelendiğinde ise en yüksek nem içeriğinin etüv 10 dakikada olduğu kavurma süreci arttığında nem içeriğinin düştüğü tespit edilmiştir. Protein, kül ve yağ içerikleri incelendiğinde ise; kavrulmamış çörek otu tohumu protein içeriğinin mikrodalgada (720 Watt'ta, 5, 10 ve 15 dk) ve etüvde (120 °C'de, 10, 20 ve 30 dk) kavurma işlemi yapılan tohumlara göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Kavrulmamış çörek otu tohumunun kül içeriğinin mikrodalga ve etüvde kavru lan çörek otu tohumuna göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Önceleri yapılan çalışmalarda protein %20.8-26.7, kül içeriği ise %3.7-4.86 aralığında bulunmuştur (Takruri ve Dameh, 1998; Atta, 2003; Cheikh-Rouhou ve ark., 2007). Çalışma sonucunda kavrulmamış çörek otunun nem içeriği %5.53, mikrodalgada kavru lan sürelerde açığa çıkan nem içeriği %3.90-3.32 aralığında, etüvde kavru lan sürelerde açığa çıkan nem içeriği % 4.34-3.41 aralığında tespit edilmiştir. Mazaheri ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada, kavrulmamış çörek otunun nem içeriği %5.1,

kavrulan çörek otlarının ise nem içeriğinin kavurma süreleri ile paralel olarak % 4.1-3.1 aralığında değiştiğini saptamışlardır. Yapılan diğer çalışmalarda ise, nem içeriği %3.8-8.65 aralığında bulunmuştur (Takruri ve Dameh, 1998; Atta, 2003; Cheikh-Rouhou ve ark., 2007). Bu çalışmada belirlediğimiz kavurma süreleri arttıkça çörek otu tohumundaki nem içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir. Belirlediğimiz kavurma sürelerinin artmasıyla kuru maddenin artmasından dolayı protein ve kül içeriğinde, nispi artışa sebep olduğu düşünülmüştür.

Yapılan çalışmada Soxhlet ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çörek otu tohumlarının yağ içeriği Çizelge 4.6 da verilmiştir. Kavrulmamış çörek otu tohumunun yağ verimi %33.40, mikrodalgada (720 Watt'ta, 5, 10 ve 15 dk) belirtilen zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumlarının yağ verimi %36.20-41.40, etüvde (120 °C, 10, 20 ve 30 dk) belirtilen zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumlarının yağ verimi %39,20-40.80 düzeyinde bulunmuştur. Saptanan en düşük yağ verimi %33.40 (kavrulmamış çörek otu tohumunda), en yüksek yağ verimi ise %41.40 (mikrodalga 10 ve 15 dk'da kavrulan çörek otu tohumunda) olarak belirlenmiştir. Matthäus ve Özcan (2011) çörek otu türlerinin bazı yağlı tohumlarının lipit kompozisyonlarını incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada yağ verimini %28-36.4 aralığında saptamışlardır. Bu çalışmada ekstraksiyon yönteminden önce uygulanan kavurmanın yağ verimini artırdığı saptanmıştır (Matthäus ve Özcan, 2011). Analiz sonuçları incelendiğinde kavurma işleminin yağ verimini artırdığı tespit edilmiştir. Bu artışın muhtemel sebebi, ısı ile yağ damlacıklarının bulunduğu hücre duvarlarının yapısının bozulmasıyla daha fazla yağ damlacığının serbest hale gelerek dışarı sızmasından kaynaklanmış olabilir.

4.1.3. Çörek otu tohumunun mineral madde içeriği

Kavrulmamış çörek otu tohumu ve mikrodalgada (720 Watt'ta, 5, 10 ve 15 dk) ve etüvde (120 °C'de, 10, 20 ve 30 dk) kavrulmuş olan çörek otu tohumunun mineral madde içeriğinin Varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7'de, Tukey Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.8'te verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarını incelediğimizde, çörek otu tohumunun mineral madde içeriği istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre, çörek otunda tespit edilen makro düzeydeki mineral maddeler; fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na) ve demir (Fe)'dir. Makro düzeyde bulunan mineraller arasında en fazla mevcut olanlar ise, potasyum (K), fosfor (P) ve kalsiyum (Ca) olmuştur. Mikrodalgada (720 Watt, 5, 10 ve 15 dk) kavrulmuş çörek otunda fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na) ve demir (Fe) miktarı etüvde kavrulmuş çörek otuna göre süreler bazında farklılık gösterebilmektedir. Mikrodalgada 5, 10 ve 15 dk'lık zaman dilimlerinde kavrulmuş olan çörek otunun demir (Fe) içerikleri sırasıyla 84.48 mg/kg, 81.87 mg/kg, 78.61 mg/kg, çinko (Zn) içeriği 44.16 mg/kg, 43.78 mg/kg, 43.34 mg/kg olarak saptanmıştır. Ayrıca etüvde 10, 20 ve 30 dk'lık zaman dilimlerinde kavrulmuş olan çörek otunun demir (Fe) içerikleri sırasıyla 8.89 mg/kg, 91.08 mg/kg, 126.88 mg/kg, çinko (Zn) içeriği 45.61 mg/kg, 46.30 mg/kg, 46.23 mg/kg olarak saptanmıştır.

Al-Jassir (1992)'in çörek otu üzerine yaptığı bir çalışmada, potasyum, fosfor, sodyum ve demir en çok rastlanan mineraller olarak belirlenirken bunun aksine çinko, kalsiyum, magnezyum, manganaz ve bakıra daha az rastlanmıştır.

Yapılan bir diğer çalışmada ise, çörek otu tohumunun mineral madde içeriğinin çörek otu yağına göre yüksek olduğu saptanmıştır. Belirli düzeyde bulunan minerallerin yağ çıkarma esnasında posada kaldığı kanısına varılmıştır (Kılıç, 2018).

Çizelge 4.7. Çörek otu tohumu mineral madde içeriklerine ait Varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	P		K		Ca		Mg		Na		Fe	
		KO	F**	KO	F**	KO	F**	KO	F**	KO	F**	KO	F**
Çörek Otu	6	141919	710.19	108993	674995.61	160806	2503088.80	19653	204171.52	454.93	2525.89	609.96	7277.50
Hata	7	200		0		0		0		0.18		0.08	
Toplam	13												

**p<0.01 seviyesinde önemli.

Çizelge 4.7. (Devamı)

Varyasyon Kaynağı	SD	Cu		Mn		Ni		Pb		Zn		B	
		KO	F**	KO	F**	KO	F**	KO	F**	KO	F**	KO	F**
Çörek Otu	6	3.8791	2446.26	3.6959	668.50	0.33478	230.88	2.6337	6145.20	4.8329	17348.75	1.4595	5108.23
Hata	7	0.0016		0.0055		0.00145		0.0004		0.0003		0.0003	
Toplam	13												

**p<0.01 seviyesinde önemli.

Çizelge 4.8. Çörek otu tohumu mineral madde içerikleri (mg/kg)

Kavurma işlemi	Süre	n	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	B
Kontrol		2	4931.1 ^e ±0.01	4872.1 ^e ±0.07	5452.1 ^e ±0.07	2284.0 ^e ±0.21	118.2 ^e ±0.33	74.40 ^e ±0.26	18.42 ^e ±0.02	20.91 ^e ±0.02	3.62 ^b ±0.9	5.85 ^d ±0.02	42.26 ^f ±0.02	16.93 ^f ±0.02
	5 dk	2	5585.3 ^b ±2.68	5210.2 ^d ±0.48	5869.0 ^e ±0.02	2454.1 ^d ±0.54	140.2 ^e ±0.25	84.48 ^d ±0.14	19.88 ^f ±0.03	22.34 ^{cd} ±0.02	2.97 ^d ±0.00	4.94 ^f ±0.01	44.16 ^c ±0.01	18.36 ^d ±0.01
Mikrodalga (720W)	10 dk	2	5278.1 ^d ±0.44	5170.3 ^f ±0.37	5883.0 ^d ±0.27	2422.0 ^e ±0.35	147.9 ^c ±0.85	81.87 ^e ±0.21	20.79 ^d ±0.07	22.45 ^c ±0.04	2.98 ^d ±0.00	6.42 ^c ±0.04	43.78 ^d ±0.01	18.43 ^c ±0.01
	15 dk	2	5435.8 ^c ±0.58	5173.6 ^e ±0.58	5932.1 ^c ±0.48	2406.1 ^f ±0.36	132.3 ^f ±0.33	78.61 ^f ±0.09	20.13 ^c ±0.03	22.41 ^{cd} ±0.17	3.45 ^c ±0.01	5.90 ^d ±0.01	43.34 ^e ±0.02	17.25 ^e ±0.01
	10 dk	2	5775.3 ^a ±37.2	5646.1 ^a ±0.01	5715.2 ^f ±0.14	2504.1 ^c ±0.03	162.5 ^a ±0.14	88.89 ^c ±0.08	22.08 ^b ±0.01	22.12 ^d ±0.04	3.42 ^c ±0.01	6.89 ^b ±0.02	45.61 ^b ±0.01	18.65 ^b ±0.01
Etüv (120°C)	20 dk	2	5406.4 ^c ±0.73	5301.4 ^c ±0.64	6320.2 ^a ±0.31	2592.4 ^a ±0.26	157.9 ^b ±0.46	91.08 ^b ±0.32	22.45 ^a ±0.42	22.93 ^b ±0.02	3.96 ^a ±0.01	8.47 ^a ±0.02	46.30 ^a ±0.02	19.44 ^a ±0.02
	30 dk	2	5533.2 ^b ±0.57	5355.2 ^b ±0.06	6162.1 ^b ±0.09	2527.7 ^b ±0.02	145.1 ^d ±0.02	126.88 ^a ±0.57	21.40 ^c ±0.28	25.39 ^a ±0.04	3.96 ^a ±0.01	5.50 ^c ±0.03	46.23 ^a ±0.02	18.41 ^{cd} ±0.02

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0.01) birbirinden farklıdır.

Sultan ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada, *Nigella sativa*'nın magnezyum, fosfor, çinko ve manganez içerikleri sırasıyla 265.0 mg / 100g, 543 mg / 100g, 6.4 mg / 100g, 8.5 mg / 100g olarak bulunmuştur.

Cheikh-Rouhou ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise, Tunus ve İran kaynaklı *Nigella sativa* tohumlarının mineral madde içerikleri 783 ve 708 mg / kg K, 235 ve 260 mg / kg Mg, 572 ve 564 mg / kg Ca, 48.9 ve 51.9 mg / kg P, 20.8 ve 18.5 mg / kg Na, 8.65 ve 9.42 mg / kg Fe, 1.65 ve 1.48 mg / kg Cu, 8.04 ve 7.03 mg / kg Zn ve 4.43 ve 3.37 mg / kg Mn olarak saptanmıştır.

Elde ettiğimiz mineral sonuçları literatür verileriyle kıyaslandığında makro ve mikro elementlerin benzer olduğu ve fakat kantitatif değerlerinde kısmi farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılıkların muhtemel sebebi, çörek otunun yetiştiği lokasyon, iklim şartları, genetik yapı, toprak özellikleri, agronomik faktörler ve hasat zamanından ve olgunluk derecesinden kaynaklanmış olabilir.

4.1.4. Çörek otu tohumu yağ asidi analizi sonuçları

Kavrulmamış ve mikrodalga (720 Watt'ta 5, 10 ve 15 dk) ve etüvde (120 °C'de 10, 20 ve 30 dk) kavrulmuş olan çörek otu tohumu yağlarının yağ asidi Varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da, Tukey Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çörek otu tohumunun varyans analiz sonuçları incelendiğinde oleik, linoleik, araşidik, stearik, miristik ve linolenik asit içerikleri istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) ve palmitik asit içeriği de $p < 0.05$ seviyede önemli bulunmuştur. Bunların tam aksine ise, behenik asit içeriği $p > 0.05$ seviyede önemsiz bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre palmitik, oleik ve linoleik yağ asitleri ise en fazla bulunan yağ asitleridir. Bununla beraber araşidik, linolenik ve miristik asit, çörek otu tohum yağında iz miktarda bulunan yağ asitleridir.

Çörek otu tohumu yağında en yüksek miktarda bulunan yağ asidi olan linoleik asit içeriklerine bakıldığında değerler %56.15-58.74 aralığında değişmektedir. En yüksek linoleik asit içeriği mikrodalgada 10 dk kavrulmuş olan çörek otu yağında tespit edilmiştir. Mikrodalga 5 ve 15 dk kavrulmuş olan çörek otu yağındaki linoleik asit içeriği sırasıyla %58.11 ve %56.15 olarak saptanmıştır. Etüvde tespit edilen en yüksek linoleik asit içeriği ise 20 dk kavrulmuş olan çörek otu yağında %58.28 olarak tespit edilmiştir. Süre ile paralel olarak bulunan linoleik asit içerikleri ise %56.6 ve %58,13 olarak saptanmıştır. Kavrulmamış çörek otu yağında bulunan linoleik asit içeriği %57.88 olarak tespit edilmiştir.

Çörek otu tohumu yağı örneklerinde en fazla miktarda bulunan ikinci yağ asidi ise oleik asit olarak tespit edilmiştir. Oleik asit yağ asidi içeriği %24.76-26.39 düzeyinde değişiklik göstermiştir. En yüksek oleik asit içeriği mikrodalgada 15 dk da kavrulan çörek otu tohumu yağında bulunmuştur. Mikrodalga 5 ve 10 dk kavrulmuş çörek otu tohumu yağında oleik asit içerikleri sırasıyla %25.01 ve %24.76 olarak tespit edilmiştir. Etüvde tespit edilen en yüksek oleik asit içeriği 10 dk kavrulmuş olan çörek otu tahumu yağında tespit edilmiştir. Süre ile paralel olarak bulunan oleik asit içerikleri sırasıyla %24.89 ve %25.38 olarak saptanmıştır. Kavrulmamış çörek otu yağında bulunan oleik asit içeriği %25.23 olarak tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında çok yüksek bir artış olmasa da etüv ve mikrodalgada sürelerle paralel olarak kavurma yapıldığında oleik asit içeriğinin arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. Soğuk presle elde edilen çörek otu yağının yağ asidi Varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Miristik		Palmitik		Stearik		Oleik		Linoleik		Araşidik		Linolenik		Behenik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F		
Çörek Otu	6	0.0051087	153.10**	0.19320	4.34*	0.035508	78.20**	0.91401	98.12**	1.7452	123.71**	0.012798	398.38**	0.0054334	67.79**	0.02739	1.92
Hata	7	0.0000334		0.04451		0.000454		0.00932		0.0141		0.000032		0.0000801		0.01427	
Toplam	13																

p>0.05 seviyesinde önemsiz, *p<0.05 seviyesinde önemli, **p<0.01 seviyesinde önemli

Palmitik yağ asidi içeriği sonuçlarına bakıldığında kavrulmamış çörek otu tohumu yağında yağ asidi içeriği %10.95 olarak saptanmıştır. Bununla beraber mikrodalga (720 Watt) 5, 10 ve 15 dk'lık zaman dilimlerinde kavru lan çörek otu tohumu yağında ise değerler çok olmasa da artış göstermiş süreye bağlı paralel olarak %10.90, %10.36 ve %11.18 oranlarında saptanmıştır. Etüvde 10, 20 ve 30 dk'lık zaman dilimlerinde kavru lan çörek otu tohumu yağında ise değerler sırasıyla %10.68, %10.85 ve %10.34 olarak saptanmıştır.

Stearik ve behenik yağ asidi sonuçları incelendiğinde stearik yağ asidi sonuçları %3.07-3.40 düzeyinde behenik yağ asidi sonuçları 2.169-2.502 arasında yakın değerler aldığı bununla beraber mikrodalga ve etüvde kavurma ile belirgin farklar olmadığı tespit edilmiştir. Miristik, araşidik ve linolenik asit ise %1'in altında tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, çörek otunda bulunan mevcut yağın %85'inin doymamış yağ asidi olduğu ve bu doymamış yağ asitlerinin ise %60.8 linoleik asit, %21.9 oleik asit, %1.7 eikosadienoik asit ve iz miktarda ise araşidonik ve linolenik asit içerdiği saptanmıştır. Bunun aksine doymuş yağ asidi olarak ise %1.2 miristik asit, %11.4 palmitik asit ve %2.9 stearik asit içerdiği rapor edilmiştir (Nergiz ve Ötleş, 1993; Randhawa ve Al-Ghamdi, 2002; Çakmakçı ve Çakır, 2011).

Başka bir araştırmada ise, çörek otu yağında 26 adet yağ asidi bulunmuş en yaygın olan yağ asitleri ise %42.76 linoleik, %16.59 oleik, %8.51 palmitik, %4.71 eikosatrienoik, %5.98 eikosapentanoik (EPA) ve %2.97 dokosaheksanoik asit (DHA) tespit edilmiştir (Kaskoos, 2011).

Çizelge 4.10. Soğuk presle elde edilen çörek otu yağının yağ asidi bileşimi (%)

Kavurma işlemi	Süre	n	Miristik	Palmitik	Stearik	Oleik	Linoleik	Araşidik	Linolenik	Behenik
Kontrol		2	0.1170 ^b ±0.01	10.95 ^{ab} ±0.04	3.07 ^c ±0.04	25.23 ^{bc} ±0.21	57.88 ^b ±0.12	0.1939 ^c ±0.01	0.2924 ^c ±0.01	2.208 ^a ±0.01
	5 dk	2	0.1219 ^b ±0.01	10.90 ^{ab} ±0.28	3.07 ^c ±0.02	25.01 ^{bcd} ±0.95	58.11 ^b ±0.12	0.1989 ^{bc} ±0.01	0.3495 ^b ±0.01	2.169 ^a ±0.04
Mikrodalga (720W)	10 dk	2	0.1144 ^b ±0.01	10.36 ^{ab} ±0.37	3.14 ^c ±0.01	24.76 ^d ±0.03	58.74 ^a ±0.04	0.2114 ^{abc} ±0.01	0.3195 ^{bc} ±0.01	2.359 ^a ±0.06
	15 dk	2	0.1640 ^a ±0.01	11.18 ^a ±0.58	3.30 ^b ±0.01	26.39 ^a ±0.02	56.15 ^d ±0.05	0.2308 ^a ±0.01	0.4467 ^a ±0.01	2.222 ^a ±0.02
	10 dk	2	0.0000 ^c ±0.00	10.68 ^{ab} ±0.01	3.42 ^a ±0.01	26.36 ^a ±0.09	56.69 ^c ±0.23	0.0000 ^d ±0.00	0.3453 ^b ±0.02	2.502 ^a ±0.28
Etüv (120°C)	20 dk	2	0.1183 ^b ±0.01	10.85 ^{ab} ±0.64	3.10 ^c ±0.02	24.89 ^{cd} ±0.03	58.29 ^{ab} ±0.09	0.2012 ^{bc} ±0.01	0.2995 ^c ±0.01	2.249 ^a ±0.05
	30 dk	2	0.1181 ^b ±0.01	10.34 ^b ±0.06	3.14 ^c ±0.01	25.38 ^b ±0.01	58.13 ^b ±0.02	0.2179 ^{ab} ±0.01	0.3179 ^{bc} ±0.01	2.361 ^a ±0.01

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0.01) birbirinden farklıdır.

Gharby ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, soğuk pres yöntemi ile ekstrakte edilen çörek otu yağında linoleik ve oleik asit oranları sırasıyla %58.5 ve %23.8 olarak tespit edilmiştir.

Ali ve ark. (2012) tarafından bildirilen sonuçlar incelendiğinde ise, yine çörekotu yağının linoleik (%52.6) ve oleik asit (%23.5) açısından zengin olduğu tespit edilmiştir.

Acar ve ark. (2016) tarafından çörek otu küspesinin yağının fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda baskın olarak ortaya çıkan yağ asitleri palmitik (% 12.25), oleik (% 24.74) ve linolenik asitler (% 58.62) olarak saptanmıştır. Çörek otu tohumu esas olarak birçok yararlı sağlık etkisi sağlayan uçucu ve sabit yağlardan oluşmaktadır. Sabit tohum yağı, linoleik, oleik asit gibi önemli oranlarda doymamış yağ asitlerinin yanı sıra araşidonik ve eikosanoik asitler de dahil olmak üzere az miktarda doymuş yağ asitleri de içermektedir (Mukhtar ve ark., 2019).

Fernesworth ve Wagner (1990) tarafından yapılan çalışmada, çörek otunda bulunan yağın %1.2 miristik, 8.4 palmitik, 2.9 stearik, 17.9 oleik, 60.8 linoleik, 1.7 eikosadienoik ve az miktarda da araşidonik asitten oluştuğu saptanmıştır. Yağdaki esas doymamış yağ asidinin linoleik asit olduğu, onu oleik asidin izlediği tespit edilmiştir. Analiz sonuçları yapılan çalışmalar ile kıyaslandığında sonuçların minör farklılıklarla uyumlu olduğu gözlenmiştir. Bu farklılıkların sebebi, çörek otu tohumunun tam fizyolojik olgunluğa ulaşmamasından, sıcaklık, nem, yağış gibi iklimsel farklılıklardan, çeşit ve bazı analitik izlemlerden kaynaklanmış olabilir.

4.1.4. Çörek otu tohum ve yağında fenolik bileşen analizi sonuçları

Kavrulmamış çörek otu tohumu ve yağı ve mikrodalga (720 Watt'ta, 5, 10 ve 15 dk) ve etüvde (120°C'de 10, 20 ve 30 dk) kavrulmuş olan çörek otu tohumu ve yağının fenolik bileşen Varyans analiz sonuçları analiz sonuçları Çizelge 4.11 ve 4.12'de, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.13 ve 4.14'te verilmiştir.

Çörek otu tohumunda fenolik bileşen varyans analiz sonuçları incelendiğinde, gallik, ferulik asit, kateşin, resveratrol, kersetin, sinnamik ve kamferol içerikleri istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) ve 3,4 dihidrobenzoik, sirinjik ve *p*-kumarik asit içeriği de $p < 0.05$ seviyede önemli bulunmuştur. Bunların tam aksine ise, rutin trihidrat ve kafeik asit içeriği $p > 0.05$ seviyede önemsiz bulunmuştur. Soğuk presle elde edilen çörek otu tohumu yağının fenolik bileşen Varyans analiz sonuçları incelendiğinde kafeik, *p*-kumarik, ferulik, sinnamik asit, kersetin, ve kamferol içerikleri istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) ve 3,4 dihidrobenzoik, sirinjik asit ve resveratrol içeriği $p < 0.05$ seviyede önemli bulunmuştur. Ayrıca gallik asit, rutin trihidrat ve kateşin içerikleri ise $p > 0.05$ seviyede önemsiz bulunmuştur.

Kavrulmamış çörek otu tohumunun gallik asit içeriği 8.725 mg/kg olarak bulunmuştur. Mikrodalga ve etüvde kavrulmuş olan çörek otu tohumunun gallik asit içeriği ortalama 11.424 ve 9.38 mg/kg olarak saptanmıştır. Mikrodalga 5, 10 ve 15 dakikalık zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumunun gallik asit içeriği sırasıyla 8.140, 17.712, ve 8.419 mg/kg olarak saptanmıştır. Mikrodalgada kavrulan çörek otu tohumlarının gallik asit içeriği sonuçlarında dalgalanmalar görülmüştür. Etüvde 10, 20 ve 30 dk'lık zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumu gallik asit içeriği sırasıyla 8.475, 9.455 ve 10.206 mg/kg olarak saptanmıştır. Analiz sonuçlarını incelediğimizde etüvde kavrulan çörek otu tohumunun gallik asit içeriğinin yükseldiği görülmüştür.

Kavrulmamış çörek otu tohumu yağının gallik asit içeriği 3.60 mg/kg olarak bulunmuştur. Mikrodalga ve etüvde kavrulmuş olan çörek otu tohumu yağının gallik asit içeriği ortalama 3.06 ve 2.90 mg/kg olarak saptanmıştır. Mikrodalga 5, 10 ve 15 dk'lık zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumu yağının gallik asit içeriği sırasıyla 2.613, 3.218 ve 3.323 mg/kg olarak saptanmıştır. Mikrodalgada kavrulan çörek otu tohum yağlarının gallik asit içeriği sonuçlarında artış görülmüştür. Etüvde 10, 20 ve 30 dk'lık zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumu gallik asit içeriği sırasıyla 2.92, 3.81 ve 2.40 mg/kg olarak saptanmıştır. Analiz sonuçlarını incelediğimizde etüvde kavrulan çörek otu tohumu yağının gallik asit içeriğinde dalgalanmalar görülmüştür.

Çizelge 4.11. Çörek otu tohumunun fenolik bileşenleri Varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Gallik		3,4 dihidro benzoik		Kateşin		Kafeik		Sirinjik		Rutin trihidrat	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çörek Otu	6	22.837	17.87**	31.742	4.70*	353.74	14.01**	2.569	0.50	26.098	5.05*	268.17	2.87
Hata	7	1.278		6.749		25.25		5.096		5.171		93.51	
Toplam	13												

p>0.05 seviyesinde önemsiz, *p<0.05 seviyesinde önemli, **p<0.01 seviyesinde önemli

Çizelge 4.11. (Devamı)

Varyasyon Kaynağı	SD	p-Kumarik		Ferulik		Resveratrol		Kersetin		Sinnamik		Kamferol	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çörek Otu	6	2.4100	5.78*	8.4704	11.36**	1.7615	12.45**	28.081	15.61**	0.060452	28.33**	0.53996	12.01**
Hata	7	0.4168		0.7457		0.1415		1.799		0.002134		0.04495	
Toplam	13												

p>0.05 seviyesinde önemsiz, *p<0.05 seviyesinde önemli, **p<0.01 seviyesinde önemli

Çizelge 4.12. Soğuk presle elde edilen çörek otu yağının fenolik bileşenleri Varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	Gallik		3,4 dihidro benzoik		Kateşin		Kafeik		Sirinjik		Rutin trihidrat	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çörek Otu	6	0.3806	2.48	30.005	5.30*	22.77	2.07	0.64087	10.79**	0.9587	5.71*	35.781	3.77
Hata	7	0.1535		5.661		11.00		0.05940		0.1678		9.488	
Toplam	13												

p>0.05 seviyesinde önemsiz, *p<0.05 seviyesinde önemli, **p<0.01 seviyesinde önemli

Çizelge 4.12. (Devamı)

Varyasyon Kaynağı	SD	p-Kumarik		Ferulik		Resveratrol		Kersetin		Sinnamik		Kamferol	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Çörek Otu	6	0.15965	7.96**	1.2908	11.00**	0.11878	6.62*	0.9516	7.26**	0.019625	18.93**	0.27099	65.22**
Hata	7	0.02005		0.1174		0.01794		0.1310		0.001037		0.00415	
Toplam	13												

p>0.05 seviyesinde önemsiz, *p<0.05 seviyesinde önemli, **p<0.01 seviyesinde önemli

Kavrulmamış çörek otu tohumunun 3,4 dihidrobenzoik asit içeriği 10.07 mg/kg olarak bulunmuştur. Mikrodalga ve etüvde kavrulmuş olan çörek otu tohumunun 3,4 dihidrobenzoik asit içeriği ortalama 15.31 ve 14.73 mg/kg olarak bulunmuştur. Mikrodalga 5, 10 ve 15 dk'lık zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumunun 3,4 dihidrobenzoik asit içeriği sırasıyla 13.17, 18.59 ve 14.16 mg/kg olarak saptanmıştır. Etüvde 10, 20 ve 30 dk'lık zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumunun 3,4 dihidrobenzoik asit içeriği sırasıyla 8.79, 19.16 ve 16,25 mg/kg olarak saptanmıştır. Analiz sonuçlarını incelediğimizde etüvde ve mikrodalgada kavrulan çörek otu tohumunun 3,4 dihidrobenzoik asit içeriğinin sonuçlarında dalgalanmalar tespit edilmiştir.

Kavrulmamış çörek otu tohumu yağının 3,4 dihidrobenzoik asit içeriği 9.80 mg/kg olarak bulunmuştur. Mikrodalga ve etüvde kavrulmuş olan çörek otu tohumu yağının 3,4 dihidrobenzoik asit içeriği ortalama 7.70 ve 5.01 mg/kg olarak bulunmuştur. Mikrodalga 5, 10 ve 15 dk'lık zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumu yağının 3,4 dihidrobenzoik asit içeriği sırasıyla 2.53, 10.44 ve 10.10 mg/kg olarak saptanmıştır. Etüvde 10, 20 ve 30 dk'lık zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumu yağının 3,4 dihidrobenzoik asit içeriği sırasıyla 2.59, 9.42 ve 3.03 mg/kg olarak saptanmıştır. Analiz sonuçlarını incelediğimizde etüvde ve mikrodalgada kavrulan çörek otu tohumu yağının 3,4 dihidrobenzoik asit içeriğinin sonuçlarında dalgalanmalar tespit edilmiştir.

Kavrulmamış çörek otu tohumu kateşin içeriği 52.74 mg/kg olarak bulunmuştur. Mikrodalga ve etüvde kavrulan çörek otu tohumu örneklerinin kateşin içeriği ortalama 64.42, 45,94 mg/kg olarak saptanmıştır. Mikrodalgada belirtilen zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumunun kateşin içeriği sırasıyla 45.72, 73.75 ve 73.80 mg/kg olarak bulunmuştur. Etüvde yapılan kavurma işleminde ise kateşin içeriği sırasıyla 43.47, 44.98 ve 49,37 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde mikrodalgada kavrulmuş çörek otu tohumunun kateşin içeriğinin kavrulmamış çörek otuna göre arttığı, etüvde kavrulan çörek otu tohumunun kateşin içeriğinin kavrulmamış çörek otuna göre azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.13. Çörek otu tohumunun fenolik bileşenleri (mg/kg).

Kavurma işlemi	Süre	n	Gallik	3,4 dihidro benzoik	Kateşin	Kafeik	Sirinjik	Rutin trihidrat	p-kumarik	Ferulik	Resveratrol	Kersetin	Sinnamik	Kamferol
Kontrol		2	8.725 ^b ±1.47	10.07 ^{ab} ±4.02	52.74 ^b ±3.63	5.680 ^a ±1.55	8.055 ^{ab} ±0.74	36.42 ^a ±0.64	3.080 ^a ±0.16	3.665 ^{abc} ±0.33	0.80 ^b ±0.12	3.61 ^{bc} ±0.46	0.625 ^b ±0.01	0.815 ^b ±0.02
	5 dk	2	8.140 ^b ±0.28	13.17 ^{ab} ±0.48	45.72 ^b ±1.54	6.717 ^a ±5.06	8.602 ^{ab} ±5.39	39.33 ^a ±0.18	3.742 ^a ±1.26	5.937 ^a ±1.95	1.78 ^{ab} ±0.13	9.99 ^a ±0.45	0.604 ^b ±0.08	2.023 ^a ±0.21
Mikrodalga (720W)	10 dk	2	17.712 ^a ±1.04	18.59 ^{ab} ±0.25	73.75 ^a ±3.19	7.309 ^a ±0.66	6.786 ^{ab} ±0.39	25.36 ^a ±1.11	2.493 ^{ab} ±0.14	5.511 ^{ab} ±0.89	3.03 ^a ±0.92	8.49 ^{ab} ±0.65	0.591 ^b ±0.04	2.091 ^a ±0.24
	15 dk	2	8.419 ^b ±1.19	14.16 ^{ab} ±1.0	73.80 ^a ±1.27	6.177 ^a ±0.39	3.898 ^{ab} ±2.20	33.85 ^a ±1.37	2.118 ^{ab} ±0.99	2.569 ^{abc} ±0.34	0.97 ^b ±0.07	2.03 ^c ±0.37	0.651 ^b ±0.02	1.797 ^a ±0.22
	10 dk	2	8.475 ^b ±0.40	8.79 ^b ±1.18	43.47 ^b ±1.42	5.430 ^a ±1.92	5.125 ^{ab} ±0.17	33.62 ^a ±1.72	1.345 ^{ab} ±0.43	1.020 ^c ±0.11	0.43 ^b ±0.07	1.00 ^c ±0.00	0.855 ^a ±0.03	0.945 ^b ±0.12
Etüv (120°C)	20 dk	2	9.455 ^b ±0.26	19.16 ^a ±3.18	44.98 ^b ±1.54	3.820 ^a ±1.62	1.215 ^b ±1.11	4.84 ^a ±4.97	0.410 ^b ±0.14	0.600 ^c ±0.24	0.45 ^b ±0.14	1.43 ^c ±0.06	0.935 ^a ±0.02	1.615 ^{ab} ±0.01
	30 dk	2	10.206 ^b ±1.98	16.25 ^{ab} ±0.15	49.37 ^b ±1.20	6.531 ^a ±0.83	12.402 ^a ±0.56	27.80 ^a ±1.47	2.436 ^{ab} ±0.28	2.489 ^{bc} ±0.53	1.77 ^{ab} ±0.28	7.78 ^{ab} ±0.96	1.001 ^a ±0.05	1.940 ^a ±0.37

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0.01) birbirinden farklıdır.

Çizelge 4.13. Soğuk presle elde edilen çörek otu yağının fenolik bileşenleri (mg/kg).

Kavurma işlemi	Süre	n	Gallik	3,4 Dihidro benzoik	Kateşin	Kafeik	Sirinjik	Rutin trihidrat	p-kumarik	Ferulik	Resveratrol	Kersetin	Sinnamik	Kaempferol
Kontrol		2	3.593 ^a ±0.35	9.766 ^a ±4.77	11.32 ^a ±3.70	1.215 ^{bc} ±0.15	1.099 ^b ±0.26	3.756 ^a ±2.57	0.533 ^{ab} ±0.32	0.78 ^c ±0.06	0.38 ^{ab} ±0.03	1.73 ^{ab} ±0.32	0.300 ^a ±0.01	0.874 ^{bc} ±0.13
Mikrodalga (720W)	5 dk	2	2.613 ^a ±0.37	2.531 ^a ±2.36	17.26 ^a ±1.74	2.377 ^a ±0.49	2.622 ^{ab} ±0.65	14.577 ^a ±7.27	0.810 ^a ±0.13	2.19 ^a ±0.63	0.75 ^a ±0.12	0.23 ^c ±0.05	0.261 ^{ab} ±0.01	0.980 ^b ±0.02
	10 dk	2	3.218 ^a ±0.54	10.444 ^a ±0.59	20.70 ^a ±5.03	1.455 ^{abc} ±0.01	2.121 ^{ab} ±0.08	6.458 ^a ±0.23	0.164 ^b ±0.07	0.61 ^c ±0.46	0.23 ^{ab} ±0.04	1.07 ^{abc} ±0.23	0.093 ^c ±0.01	0.585 ^d ±0.02
	15 dk	2	3.323 ^a ±0.25	10.100 ^a ±0.85	19.09 ^a ±5.48	1.779 ^{ab} ±0.08	3.285 ^a ±0.09	5.906 ^a ±0.58	0.857 ^a ±0.04	2.08 ^{ab} ±0.27	0.42 ^{ab} ±0.29	2.44 ^a ±0.43	0.348 ^a ±0.03	1.359 ^a ±0.01
Etüv (120°C)	10 dk	2	2.921 ^a ±0.03	2.587 ^a ±0.89	21.76 ^a ±0.42	1.274 ^{bc} ±0.34	1.664 ^{ab} ±0.44	10.715 ^a ±1.32	0.410 ^{ab} ±0.04	1.18 ^{abc} ±0.06	0.66 ^{ab} ±0.03	1.44 ^{abc} ±0.40	0.279 ^a ±0.07	0.212 ^a ±0.07
	20 dk	2	3.381 ^a ±0.35	9.420 ^a ±1.65	17.24 ^a ±2.08	1.588 ^{ab} ±0.13	2.202 ^{ab} ±0.12	10.791 ^a ±0.13	0.617 ^{ab} ±0.05	2.44 ^a ±0.18	0.75 ^a ±0.11	1.36 ^{abc} ±0.39	0.357 ^a ±0.02	0.546 ^d ±0.02
	30 dk	2	2.396 ^a ±0.56	3.029 ^a ±2.70	17.66 ^a ±0.58	0.527 ^c ±0.08	2.000 ^{ab} ±0.66	3.078 ^a ±2.17	0.153 ^b ±0.06	0.60 ^c ±0.29	0.16 ^b ±0.08	0.90 ^{bc} ±0.48	0.150 ^{bc} ±0.02	0.627 ^{cd} ±0.06

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0.01) birbirinden farklıdır.

Kavrulmamış çörek otu tohumu yağının kateşin içeriği 11.32 mg/kg olarak bulunmuştur. Mikrodalga ve etüvde kavrulan çörek otu tohumu yağı örneklerinin kateşin içeriği ortalama 19.01, 18.90 mg/kg olarak saptanmıştır. Mikrodalgada belirtilen zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumu yağının kateşin içeriği sırasıyla 17.26, 20.70 ve 19.09 mg/kg olarak bulunmuştur. Etüvde yapılan kavurma işleminde ise kateşin içeriği sırasıyla 21.76, 17.24 ve 17.66 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde mikrodalgada ve etüvde kavrulmuş çörek otu tohumu yağının kateşin içeriğinin kavrulmamış çörek otu tohumu yağına göre arttığı saptanmıştır.

Sonuç olarak kavurma işlemi sırasında ısının etkisiyle bağlı formda bulunan farklılıkların açığa çıkmasından dolayı kontrolle (kavrulmamış çörek otu) kavrulmuş çörek otunda fenolik bileşenlerin kısmi bir artışına sebep olduğu düşünülmektedir.

Çörek otu tohumunda kafeik asit içerikleri 3.82-7.31 mg/kg arasında değişim göstermektedir. En düşük kafeik asit içeriği etüvde 20 dk kavrulmuş çörek otu tohumuna ait olduğu belirlenmiştir. En yüksek kafeik asit içeriği ise mikrodalgada 10 dk kavrulmuş çörek otu tohumunda tespit edilmiştir. Aynı şekilde resveratrol içerikleri 0.43-3.03 mg/kg arasında değişim göstermektedir. En düşük resveratrol içeriği etüvde 10 dakikada kavrulmuş çörek otu tohumunda tespit edilmiştir. En yüksek resveratrol içeriği ise mikrodalgada 10 dakikada kavrulmuş çörek otunda tayin edilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde etüv ve mikrodalgada kavrulan çörek otu tohumlarının fenolik bileşen içeriklerinde bazı değişiklikler gözlenmiştir.

Çörek otu tohumu yağında kafeik asit içerikleri 0.527-2.377 mg/kg arasında değişim göstermektedir. En düşük kafeik asit içeriği etüvde 30 dk kavrulmuş çörek otu tohumu yağına ait olduğu belirlenmiştir. En yüksek kafeik asit içeriği ise mikrodalgada 5 dk kavrulmuş çörek otu tohumu yağında tespit edilmiştir. Aynı şekilde resveratrol içerikleri 0.16-0.75 mg/kg arasında değişim göstermektedir. En düşük resveratrol içeriği etüvde 30 dakikada kavrulmuş çörek otu tohumu yağında tespit edilmiştir. En yüksek resveratrol içeriği ise mikrodalgada 5 dakikada kavrulmuş çörek otu yağında tayin edilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde etüv ve mikrodalgada kavrulmuş çörek otu tohum yağlarının fenolik bileşen içeriklerinde farklılıklar saptanmıştır.

McDaniel ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada kavurma işlemi ile bazı antioksidanlar sıcaklıktan dolayı stabilitesini kaybettiğini bir yandan da Maillard reaksiyonu sonucu yeni kimyasal bileşikler oluşturduğunu rapor etmişlerdir. Maillard reaksiyonu sonucu oluşan ürünlerin, yüksek antioksidan aktivitesine sahip bileşikler olduğunu ileri sürmektedirler. Kavurma ile aynı zamanda *p*-kumarik asit ve hidroksi

benzoik asit gibi antioksidan görevi gören fenolik bileşenler de olduğu gözlemlenmiştir (McDaniel ve ark., 2012).

Tezer ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada kavurma işlemi uygulanan çörek otunun sıcaklık artışı ile fenolik madde içeriğinde azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir. Kontrol numunesinin aksine fenolik madde miktarında sıcaklık artışından sonra sırasıyla %32.6 ve %29.9 düşüş görülmüş olup bu azalmalar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Analiz sonuçlarına bakıldığında fenolik maddenin cinsine göre toplam fenolik madde içeriğinde de değişiklikler meydana gelmiştir. Serbest fenoliklerde sıcaklık ile birlikte artış meydana gelirken bunun aksine bağlı fenoliklerde sıcaklık artışı azalmaya sebep olmuştur. Buna ilave olarak yukarıdaki farklılıkların genel olarak düzgün çıkmasının muhtemel sebebi uygulanan ısı işlemlerin doğrudan fenolik bileşenlerin yapısında deformasyona sebep olmasından ve yapısının kısmi olarak bozulmasından kaynaklanmış olabilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, çörek otu tohum ve yağlarının biyoaktif özellikleri ve fizikokimyasal özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir;

Çörek otu tohumunun varyans analiz sonuçları incelendiğinde kül, nem, protein ve yağ içerikleri istatistiki açıdan önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre kavrulmamış çörek otu tohumunun nem içeriği mikrodalgada (720 Watt 5, 10 ve 15 dk) ve etüvde (120 °C'de 10, 20 ve 30 dk) kavrulan tohumların nem içeriğinden daha yüksek bulunmuştur. Çalışma sonucunda kavrulmamış çörek otunun nem içeriği %5.53, mikrodalgada kavrulan sürelerde açığa çıkan nem içeriği %3.90-3.32 aralığında, etüvde kavrulan sürelerde açığa çıkan nem içeriği % 4.34-3.41 aralığında tespit edilmiştir

Yapılan çalışmada Soxhlet ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen çörek otu tohumlarının yağ içeriği Çizelge 4.6'da verilmiştir. Kavrulmamış çörek otu tohumunun yağ içeriği %33.40, mikrodalgada (720 Watt'ta, 5, 10 ve 15 dk) belirtilen zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumlarının yağ içeriği %36.20-41.40, etüvde (120 °C'de, 10, 20 ve 30 dk) belirtilen zaman dilimlerinde kavrulan çörek otu tohumlarının yağ içeriği %39.20-40.80 düzeyinde bulunmuştur. Saptanan en düşük yağ içeriği %33.40 (kavrulmamış çörek otu tohumunda), en yüksek yağ içeriği ise %41.40 (mikrodalgada 10 ve 15 dk'da kavrulan çörek otu tohumunda) olarak belirlenmiştir.

Makro düzeyde bulunan mineraller arasında en fazla mevcut olan potasyum (K), fosfor (P) ve kalsiyum (Ca) olarak tespit edilmiştir. Mikrodalgada (720 Watt'ta, 5, 10 ve 15 dk) kavrulmuş çörek otunda fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na) ve demir (Fe) miktarı etüvde kavrulmuş çörek otuna göre süreler bazında farklılık göstermiştir. Mikrodalgada 5, 10 ve 15 dk'lık zaman dilimlerinde kavrulmuş olan çörek otunun demir (Fe) içerikleri sırasıyla 84.48 mg/kg, 81.87 mg/kg, 78.61 mg/kg, çinko (Zn) içeriği 44.16 mg/kg, 43.78 mg/kg, 43.34 mg/kg olarak saptanmıştır. Etüvde 10, 20 ve 30 dakikalık zaman aralıklarında kavrulmuş olan çörek otunun demir (Fe) içerikleri sırasıyla 8.89 mg/kg, 91.08 mg/kg, 126.88 mg/kg, çinko (Zn) içeriği 45.61 mg/kg, 46.30 mg/kg, 46.23 mg/kg olarak saptanmıştır.

Çörek otu tohumu yağında yağ asidi kompozisyonuna bakıldığında oleik, palmitik, linoleik ve stearik asit en yüksek değerlerde bulunan bileşenlerdir. Genel

olarak çeşitler arasında süre ve kavurma yöntemleri uygulanmasıyla sonuçlar artan-azalan yönde değerler olsa da yağ asidi kompozisyonunda mikrodalgada 10 dk kavrulmuş olan çörek otunda en yüksek yağ asidi içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çörek otu tohum ve yağında yapılan fenolik bileşen, antioksidan, karotenoid, flavonoid ve toplam fenol analiz sonuçlarında ise süre ve ısıl işlem sonucunda değerlerde artış-azalış yönünde dalgalanmalar meydana gelmiştir.

5.2 Öneriler

Fizikokimyasal açıdan bakıldığında çörek otu tohumunda mikrodalga ve etüvde kavurma sonucunda bazı olumsuz sonuçlar olsa da yağlı tohumlara ekstraksiyondan önce ön ısıl işlem uygulanmasının olumlu sonuçlar doğurduğu bilinmektedir. Çünkü analiz sonuçlarındaki olumsuz artışların tek sebebinin kavurma metotları olmadığı, ortam sıcaklığı, muamele süresi, depolama koşulları, oksidasyona maruz kalması gibi durumların da olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Mikrodalgada kavurma işlemi uygulanmış çörek otu tohumunda protein ve yağ içeriklerinin yüksek olması, buna ilaveten soğuk presle elde edilen çörek otu yağının yağ asidi bileşimi incelendiğinde esansiyelliğin ön planda olması ile birlikte mikrodalgada kavurma işlemi uygulanan çörek otu yağında linoleik ve oleik asit miktarının yüksek olması nedeniyle gıda endüstrisinde uygulanabilir.

Uygulanan kavurma işlemleri doğrultusunda sıcaklığın artmasıyla fenolik madde içeriğinin azaldığı bilinmesine rağmen mikrodalgada kavurma işlemi sonrasında fenolik madde içeriğinin arttığı gözlenmiş ve bu doğrultuda mikrodalga işlemi gıda endüstrisinde tercih edilebilir. Ayrıca mikrodalgada kavurma işlemi uygulanan çörek otu tohumunda ise biyoaktif özelliklerinin yüksek çıkması bununla beraber etüve uygulanan kavurma işlemler doğrultusunda ise soğuk presle elde edilmiş çörek otu yağında toplam karotenoid ve antioksidan aktivite değerinin yüksek çıkması nedeniyle tercih edilebilir.

Çörek otu (*Nigella sativa*) yüksek yağ içeriğine sahip olması, biyoaktif ve fizikokimyasal özellikleri nedeni ile yağ endüstrisinde kullanılmaktadır. Sahip olduğu bu zengin içerik sayesinde insan beslenmesindeki önemi gün geçtikçe değer kazanmaktadır.

Bu çalışma çörek otu tohum ve yağlarının bazı fitokimyasal ve biyoaktif özellikleri üzerine yapılan bir çalışma olup, elde edilen sonuçlar sadece tüketici ve gıda endüstrisi açısından yarar sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda sonraki çalışmalar için de kaynak oluşturabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Acar, R., Geçgel, Ü., Dursun, N., Hamurcu, M., Nizamlioğlu, A., Özcan, M. M. and Özcan, M. M., 2016, Fatty acids, minerals contents, total phenol, antioxidant activity and proximate analyses of *Nigella sativa* seed cake and seed cake oil, *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 22 (1), 35-38.
- Ahmad, A., Husain, A., Mujeeb, M., Khan, S. A., Najmi, A. K., Siddique, N. A., Damanhour, Z. A. and Anwar, F., 2013, A review on therapeutic potential of *Nigella sativa*: A miracle herb, *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3 (5), 337-352.
- Akgören, G., 2011, Bazı çörek otu (*Nigella sativa* L.) popülasyonlarının tarımsal özellikleri, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir*.
- Al-Jassir, M. S., 1992, Chemical composition and microflora of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds growing in Saudi Arabia, *Food Chemistry*, 45 (4), 239-242.
- Ali, M. A., Sayeed, M. A., Alam, M. S., Yeasmin, M. S., Khan, A. M. and Muhamad, I. I., 2012, Characteristics of oils and nutrient contents of *Nigella sativa* Linn. and *Trigonella foenum-graecum* seeds, *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 26 (1).
- Aljabre, S. H. M., Randhawa, M. A., Akhtar, N., Alakloby, O. M., Alqurashi, A. M. and Aldossary, A., 2005, Antidermatophyte activity of ether extract of *Nigella sativa* and its active principle, thymoquinone, *Journal of Ethnopharmacology*, 101 (1-3), 116-119.
- AOAC, 1990, Association of official analytical chemists. Official methods of analysis, AOAC Arlington, VA.
- AOAC, I., 2000, In Williams, S.(Ed.), Official methods of analysis, *Washington DC: Association of Official Analytical Chemists*.
- Ashraf, S., Saify, Z. S., Sayeed, A., Saeed, S. G., Abbas, S., Sakhi, A. A., Ali, N., Zarreen, T., Sanober, G. and Haider, S., 2015, Impact of Microwave and Oven Treatment on Protein Profile of *Nigella Sativa* (Kalonji), *World Journal of Pharmaceutical Research*, 4(4), 1477-1486.
- Aslan, R., 2019, Siyah Reçete: Çörek Otu (*Nigella Sativa*), *Ayrıntı Dergisi*, 7 (74).
- Atta, M. B., 2003, Some characteristics of nigella (*Nigella sativa* L.) seed cultivated in Egypt and its lipid profile, *Food Chemistry*, 83 (1), 63-68.
- Baytop, T., 1984, Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi, İstanbul Üniv, *Eczacılık Fakültesi Yayınları*.
- Beejmohun, V., Fliniaux, O., Grand, E., Lamblin, F., Bensaddek, L., Christen, P., Kovensky, J., Fliniaux, M. A. and Mesnard, F., 2007, Microwave-assisted extraction of the main phenolic compounds in flaxseed, *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 18 (4), 275-282.
- Bulca, S., 2014, Çörek otunun bileşenleri ve bu yağın ve diğer bazı uçucu yağların antioksidan olarak gıda teknolojisinde kullanımı *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11 (2), 29-36.
- Burits, M. and Bucar, F., 2000, Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil, *Phytotherapy Research*, 14 (5), 323-328.
- Chandrasekara, N. and Shahidi, F., 2011, Effect of roasting on phenolic content and antioxidant activities of whole cashew nuts, kernels, and testa, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (9), 5006-5014.

- Cheikh-Rouhou, S., Besbes, S., Hentati, B., Blecker, C., Deroanne, C. and Attia, H., 2007, *Nigella sativa* L.: Chemical composition and physicochemical characteristics of lipid fraction, *Food Chemistry*, 101 (2), 673-681.
- Çakmakçı, S. ve Çakır, Y., 2011, Çörekotu (*Nigella Sativa* L.): Bileşimi, gıda sanayinde kullanımı ve sağlık üzerine etkileri, *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. and 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 and 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*.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K. and Liu, R. H., 2002, Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (10), 3010-3014.
- Dülger, G. Ç., Geçgel, Ü. ve Culpan, E., 2018, Mikroalgla ekstraksiyon yöntemiyle uçucu yağ eldesi.
- El-Tahir, K. E.-D. H. and Bakeet, D. M., 2006, The black seed *Nigella Sativa* Linnaeus-A mine for multi cures: a plea for urgent clinical evaluation of its volatile oil, *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 1 (1), 1-19.
- Fernesworth, N. R. and Wagner, H., 1990, Economic and medicinal plant research, 306.46072 E2, p.
- Gharby, S., Harhar, H., Guillaume, D., Roudani, A., Boulbaroud, S., Ibrahim, M., Ahmad, M., Sultana, S., Hadda, T. B. and Chafchaoui-Moussaoui, I., 2015, Chemical investigation of *Nigella sativa* L. seed oil produced in Morocco, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14 (2), 172-177.
- Gün, M., 2012, Holly seed: *Nigella Sativa*, Some Knowledge Corresponding to *Nigella Sativa*'s Therapy Ailment. *Lokman Hekim Journal 2 (1): 43, 46*.
- Halawani, E., 2009, Antibacterial activity of thymoquinone and thymohydroquinone of *Nigella sativa* L. and their interaction with some antibiotics, *Advances in Biological Research*, 3 (5-6), 148-152.
- İlisulu, K., 1992, İlaç ve baharat bitkileri, Ankara Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Yayınları* (1256), 1-6.
- Jan, K., Ahmad, M., Rehman, S., Gani, A. and Khaqan, K., 2019, Effect of roasting on physicochemical and antioxidant properties of kalonji (*Nigella Sativa*) seed flour, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13 (2), 1364-1372.
- Kaskoos, R., 2011, Fatty acid composition of black cumin oil from Iraq, *Research Journal of Medicinal Plants*, 5 (1), 85-89.
- Kaufmann, B. and Christen, P., 2002, Recent extraction techniques for natural products: microwave-assisted extraction and pressurised solvent extraction, *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 13 (2), 105-113.
- Kaufmann, B., Rudaz, S., Cherkaoui, S., Veuthey, J. L. and Christen, P., 2007, Influence of plant matrix on microwave-assisted extraction process. The case of diosgenin extracted from fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.), *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 18 (1), 70-76.
- Khoddami, A., Ghazali, H. M., Yassoralipour, A., Ramakrishnan, Y. and Ganjloo, A., 2011, Physicochemical characteristics of nigella seed (*Nigella sativa* L.) oil as

- affected by different extraction methods, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88 (4), 533-540.
- Kılıç, S., 2018, Aromatik bitki ve yağlarının mineral element miktarlarının karşılaştırılması, *GIDA*, 43 (4), 617-623.
- Kıralan, M., 2014, Changes in volatile compounds of black cumin (*Nigella sativa* L.) seed oil during thermal oxidation, *International Journal of Food Properties*, 17 (7), 1482-1489.
- Kıralan, M., Özkan, G., Bayrak, A. ve Ramadan, M. F., 2014, Physicochemical properties and stability of black cumin (*Nigella sativa*) seed oil as affected by different extraction methods, *Industrial Crops and Products*, 57, 52-58.
- Lee, S. K., Mbwambo, Z., Chung, H., Luyengi, L., Gamez, E., Mehta, R., Kinghorn, A. and Pezzuto, J., 1998, Evaluation of the antioxidant potential of natural products, *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 1 (1), 35-46.
- Lee, Y.-C., Oh, S.-W., Chang, J. and Kim, I.-H., 2004, Chemical composition and oxidative stability of safflower oil prepared from safflower seed roasted with different temperatures, *Food Chemistry*, 84 (1), 1-6.
- Lutterodt, H., Luther, M., Slavin, M., Yin, J.-J., Parry, J., Gao, J.-M. and Yu, L. L., 2010, Fatty acid profile, thymoquinone content, oxidative stability, and antioxidant properties of cold-pressed black cumin seed oils, *LWT-Food Science and Technology*, 43 (9), 1409-1413.
- Machmudah, S., Shiramizu, Y., Goto, M., Sasaki, M. and Hirose, T., 2005, Extraction of *Nigella sativa* L. using supercritical CO₂: a study of antioxidant activity of the extract, *Separation Science and Technology*, 40 (6), 1267-1275.
- Matthäus, B. and Spener, F., 2008, What we know and what we should know about virgin oils—a general introduction, *European Journal of Lipid Science and Technology*, Wiley Online Library. 110: 597-601.
- Matthäus, B. and Özcan, M. M., 2011, Fatty acids, tocopherol, and sterol contents of some *Nigella* species seed oil, *Czech Journal of Food Sciences*, 29 (2), 145-150.
- Mazaheri, Y., Torbati, M., Azadmard-Damirchi, S. and Savage, G. P., 2019, Effect of roasting and microwave pre-treatments of *Nigella sativa* L. seeds on lipase activity and the quality of the oil, *Food Chemistry*, 274, 480-486.
- McDaniel, K. A., White, B. L., Dean, L. L., Sanders, T. H. and Davis, J. P., 2012, Compositional and mechanical properties of peanuts roasted to equivalent colors using different time/temperature combinations, *Journal of Food Science*, 77 (12), C1293-C1299.
- Moghimi, M., Farzaneh, V. and Bakhshabadi, H., 2018, The effect of ultrasound pretreatment on some selected physicochemical properties of black cumin (*Nigella Sativa*), *Nutrire*, 43 (1), 1-8.
- Mukhtar, H., Qureshi, A. S., Anwar, F., Mumtaz, M. W. and Marcu, M., 2019, *Nigella sativa* L. seed and seed oil: Potential sources of high-value components for development of functional foods and nutraceuticals/pharmaceuticals, *Journal of Essential Oil Research*, 31 (3), 171-183.
- Nejdet, Ş., Tekeli, Y. ve Yakup, K., 2007, Samsun yöresinde ve mısır ülkesinde yetiştirilen çörekotu (*Nigella sativa* L.) tohumlarının antioksidan aktivite yönünden incelenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 2 (2), 197-203.
- Nergiz, C. ve Ötleş, S., 1993, Chemical composition of *Nigella sativa* L. seeds, *Food Chemistry*, 48 (3), 259-261.

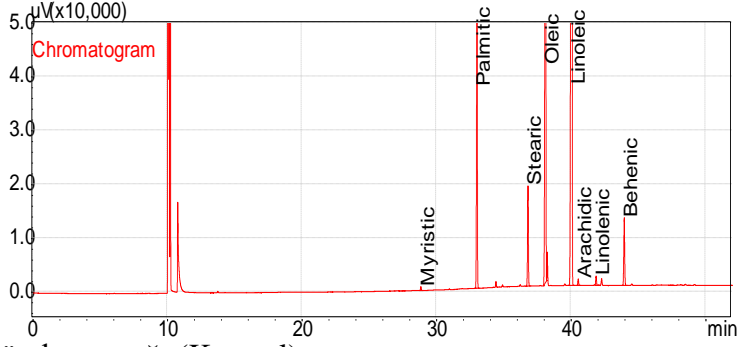
- Pari, L. and Sankaranarayanan, C., 2009, Beneficial effects of thymoquinone on hepatic key enzymes in streptozotocin–nicotinamide induced diabetic rats, *Life Sciences*, 85 (23-26), 830-834.
- Ramadan, M. F. and Mörsel, J. T., 2004, Oxidative stability of black cumin (*Nigella sativa* L.), coriander (*Coriandrum sativum* L.) and niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) crude seed oils upon stripping, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106 (1), 35-43.
- Ramanadhan, B., 2005, Microwave extraction of essential oils (from black pepper and coriander) At 2.46 GHz.
- Randhawa, M. A. and Al-Ghamdi, M. S., 2002, A review of the pharmaco-therapeutic effects of *Nigella sativa*, *Pakistan Journal Medicine Research*, 41 (2), 77-83.
- Roberfroid, M., 1999, What is beneficial for health? The concept of functional food, *Food and Chemical Toxicology*, 37 (9-10), 1039-1041.
- Roth, L. and Kormann, K., 2005, Atlas of oil plants and vegetable oils, Agrimedia GmbH, p.
- Saxena, S., Rathore, S., Diwakar, Y., Kakani, R., Kant, K., Dubey, P., Solanki, R., Sharma, L., Agarwal, D. and John, S., 2017, Genetic diversity in fatty acid composition and antioxidant capacity of *Nigella sativa* L. genotypes, *LWT-Food Science and Technology*, 78, 198-207.
- Sheehy, P. J. and Morrissey, P. A., 1998, Functional foods: prospects and perspectives, *Nutritional Aspects of Food Processing and Ingredients*, 45-65.
- Singh, R. P. and Heldman, D. R., 2001, Introduction to food engineering, Gulf Professional Publishing, p.
- Skujins, S., 1998, Handbook for ICP-AES (Varian-Vista), *A short guide to vista series ICP-AES operation. Varian Int. AG, Zug, Version*, 1 (0).
- Stadler, R. H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P. A., Robert, M.-C. and Riediker, S., 2002, Acrylamide from maillard reaction products, *Nature*, 419 (6906), 449-450.
- Sultan, M. T., Butt, M. S., Anjum, F. M., Jamil, A., Akhtar, S. and Nasir, M., 2009, Nutritional profile of indigenous cultivar of black cumin seeds and antioxidant potential of its fixed and essential oil, *Pakistan Journal of Botany*, 41 (3), 1321-1330.
- Takruri, H. R. and Dameh, M. A., 1998, Study of the nutritional value of black cumin seeds (*Nigella sativa* L.), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76 (3), 404-410.
- Tan, C., Man, Y. C., Jinap, S. and Yusoff, M., 2001, Effects of microwave heating on changes in chemical and thermal properties of vegetable oils, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78 (12), 1227-1232.
- Tezer, K., Mentеше, H., Tacer-Caba, Z. ve Nilüfer-Erdil, D., 2015, Bazı yağlı meyve ve tohumlara uygulanan kavurma ve pişirme işlemlerinin toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteye etkileri, *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 13 (3).
- Toncer, O. ve Kizil, S., 2004, Effect of seed rate on agronomic and technologic characters of *Nigella sativa* L., *International Journal of Agriculture and Biology*, 6 (3), 529-532.
- Uquiche, E., Jeréz, M. and Ortíz, J., 2008, Effect of pretreatment with microwaves on mechanical extraction yield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts (*Gevuina avellana* Mol), *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9 (4), 495-500.

- Üstün, G., Turkyay, S. ve Karaali, A., 1998, *Nigella sativa* seeds: a potential source for oil and oleochemicals, *Proceedings of the World Conference on Oil Seed and Edible Oil Processing*, 155-160.
- Van Hoed, V., Barbouche, I., De Clercq, N., Dewettinck, K., Slah, M., Leber, E. and Verhé, R., 2011, Influence of filtering of cold pressed berry seed oils on their antioxidant profile and quality characteristics, *Food Chemistry*, 127 (4), 1848-1855.
- Wang, L. and Weller, C. L., 2006, Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants, *Trends in Food Science & Technology*, 17 (6), 300-312.
- Yoo, K. M., Lee, K. W., Park, J. B., Lee, H. J. and 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.

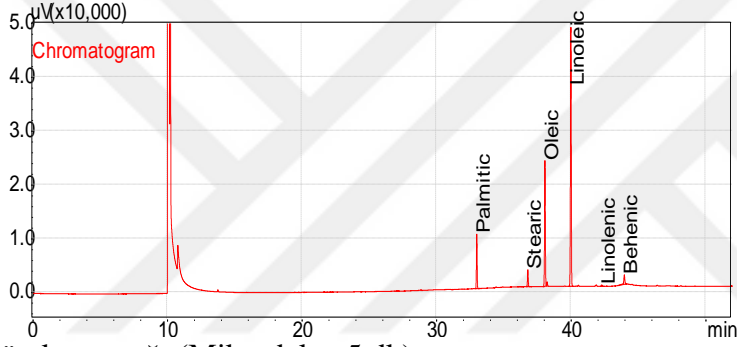


EKLER

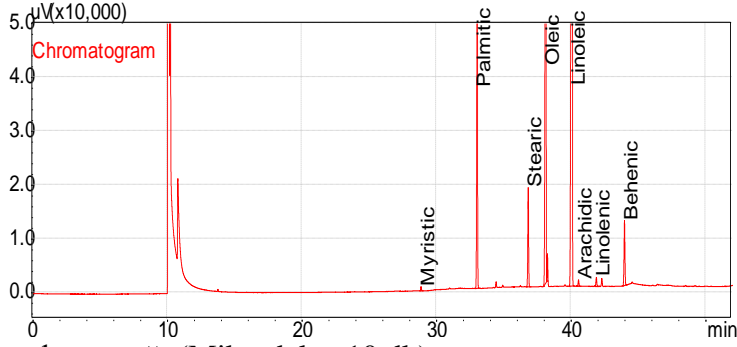
EK-1 Soğuk presle elde edilen çörek otu yağının yağ asidi kromotogramı



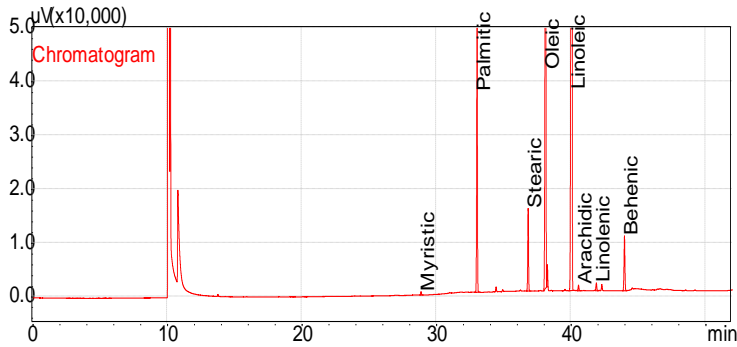
Çörek otu yağı (Kontrol)



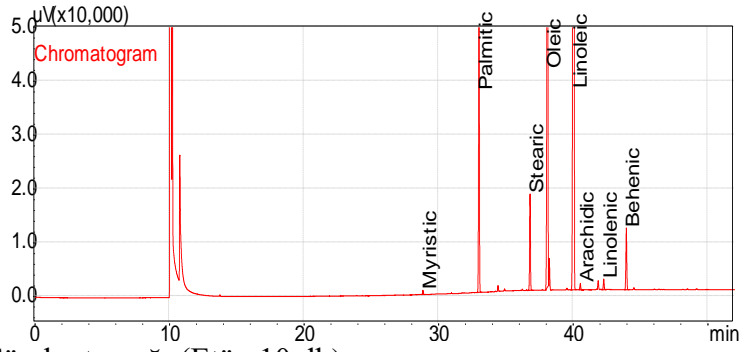
Çörek otu yağı (Mikrodalga 5 dk)



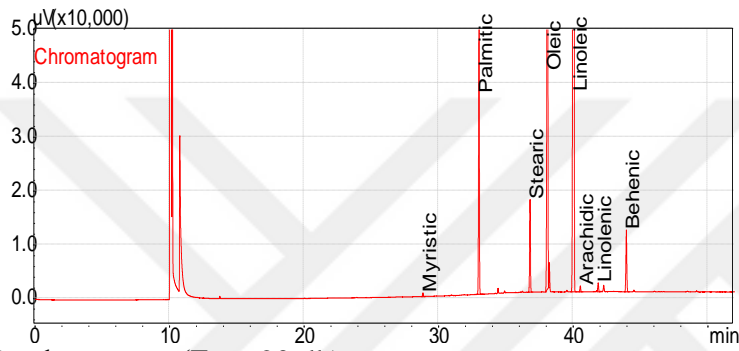
Çörek otu yağı (Mikrodalga 10 dk)



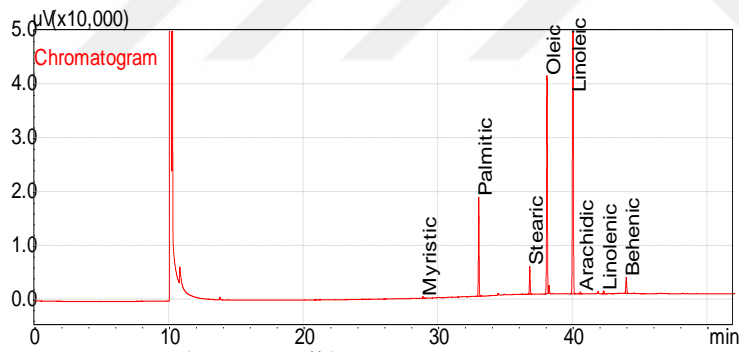
Çörek otu yağı (Mikrodalga 15 dk)



Çörek otu yağı (Etüv 10 dk)

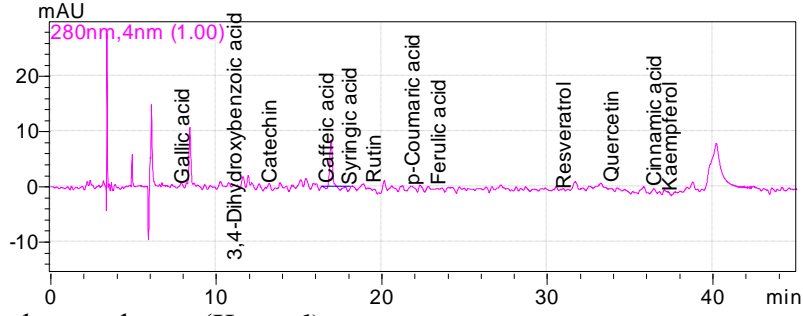


Çörek otu yağı (Etüv 20 dk)

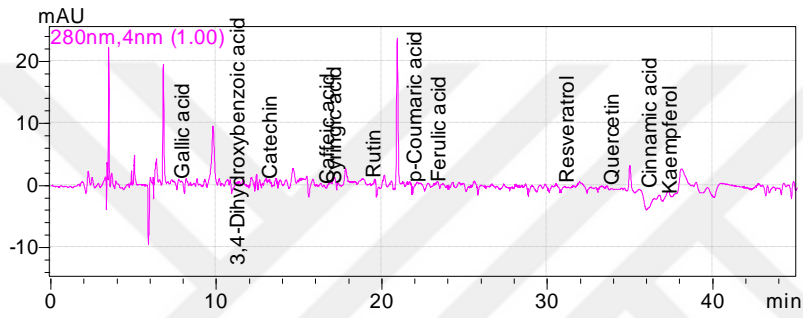


Çörek otu yağı (Etüv 30 dk)

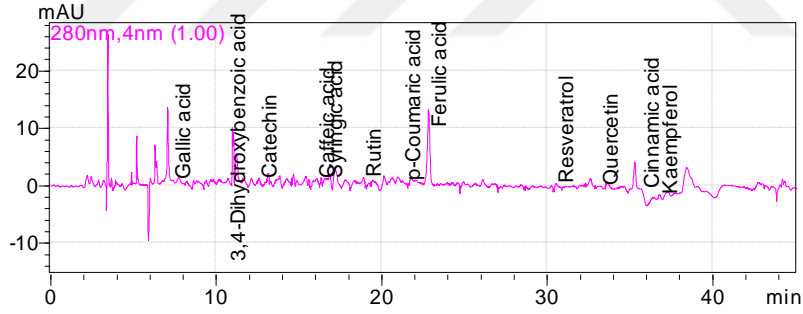
EK-2 Çörek otu tohumunun fenolik bileşen kromatogramı



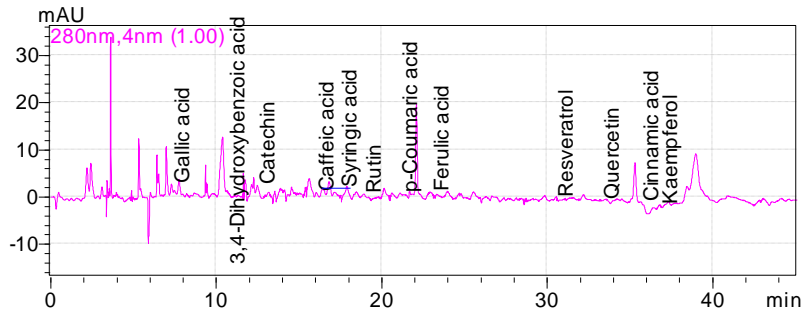
Çörek otu tohumu (Kontrol)



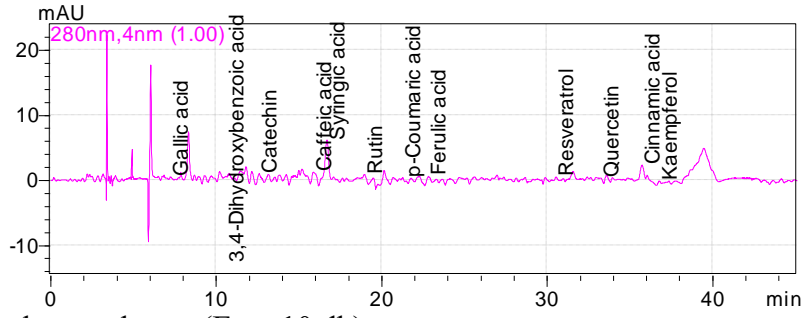
Çörek otu tohumu (Mikrodalga 5 dk)



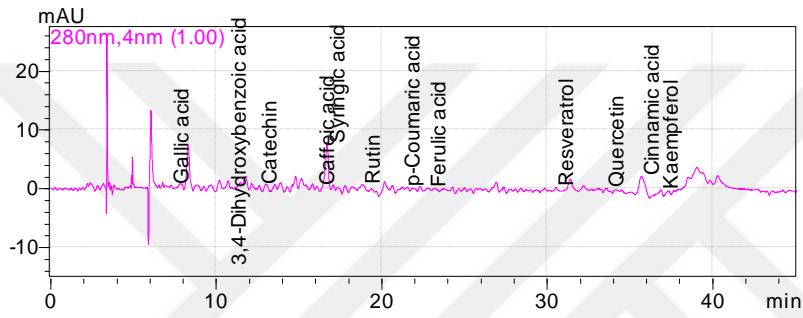
Çörek otu tohumu (Mikrodalga 10 dk)



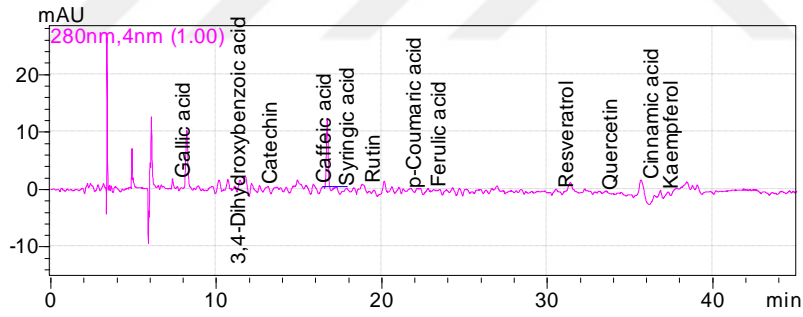
Çörek otu tohumu (Mikrodalga 15 dk)



Çörek otu tohumu (Etüv 10 dk)

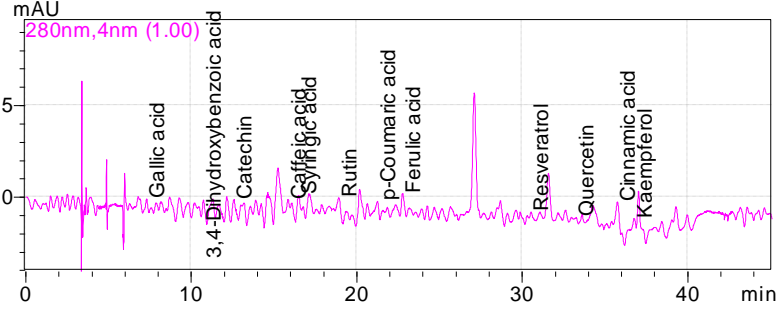


Çörek otu tohumu (Etüv 20 dk)

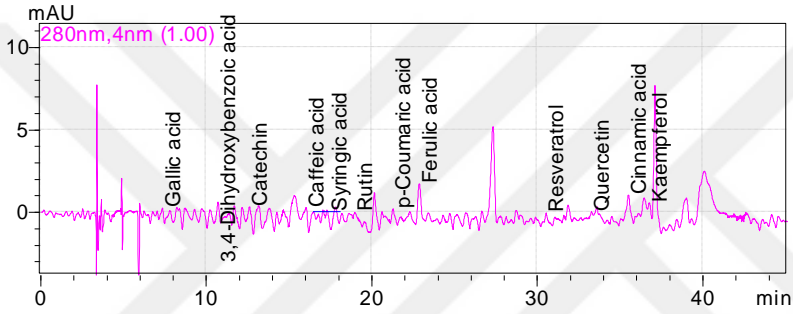


Çörek otu tohumu (Etüv 30 dk)

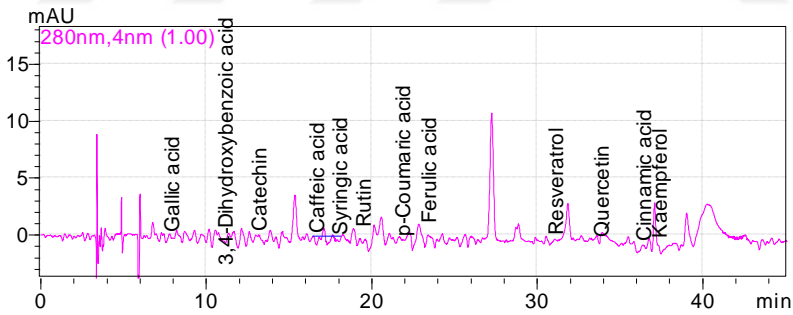
EK-3 Soğuk presle elde edilen çörek otu yağıının fenolik bileşen kromotogramı



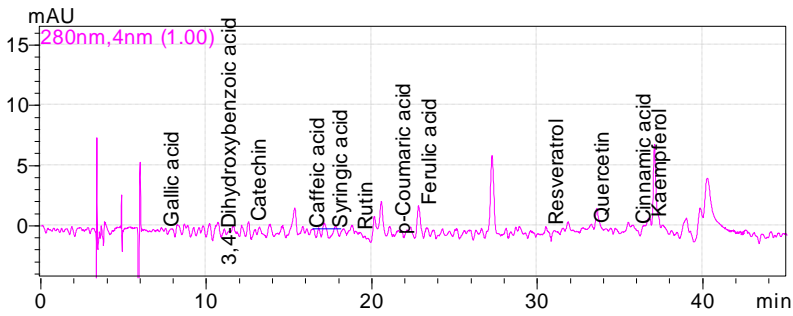
Çörek otu yağı (Kontrol)



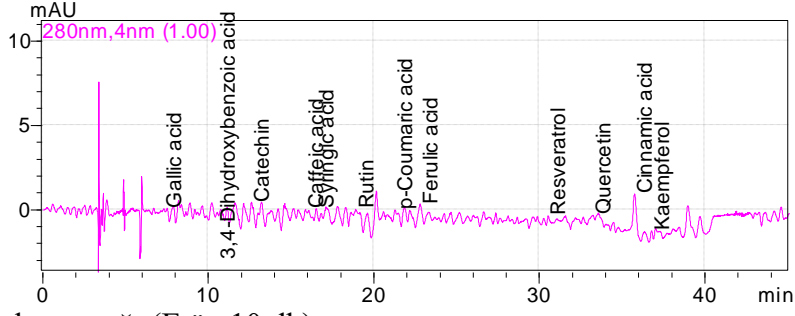
Çörek otu yağı (Mikrodalga 5 dk)



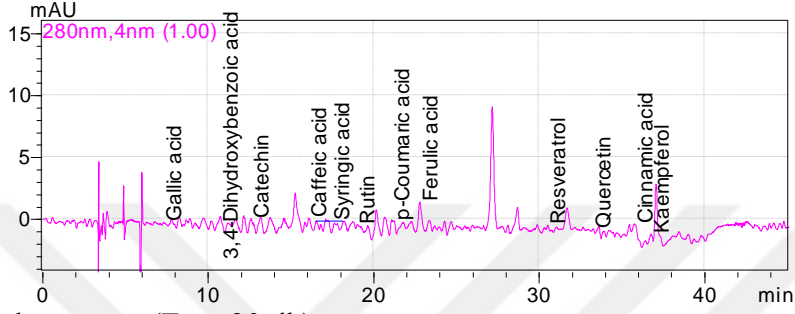
Çörek otu yağı (Mikrodalga 10 dk)



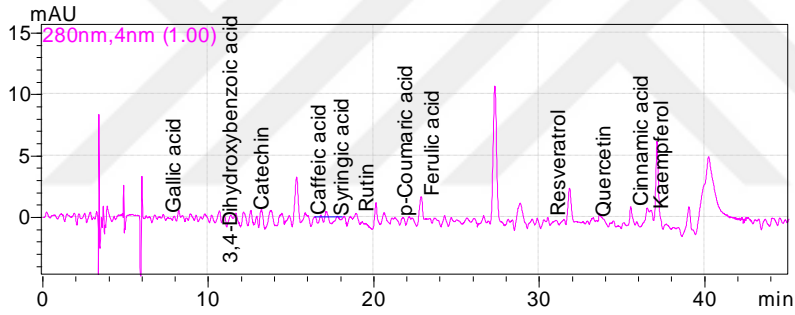
Çörek otu yağı (Mikrodalga 15 dk)



Çörek otu yağı (Etüv 10 dk)



Çörek otu yağı (Etüv 20 dk)



Çörek otu yağı (Etüv 30 dk)