

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

BALKABAĞI PÜRESİNE İLAVE EDİLEN FARKLI YAĞ
ASİTLERİNİN KAROTENOİD PROFİLİ VE *İN VİTRO*
BİYOERİŞİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif PİŞKİN

İstanbul
Ocak-2023

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

BALKABAĞI PÜRESİNE İLAVE EDİLEN FARKLI YAĞ
ASİTLERİNİN KAROTENOİD PROFİLİ VE *İN VİTRO*
BİYOERİŞİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif PİŞKİN

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Merve TOMAŞ

İstanbul
Ocak-2023

TEZ ONAYI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman Dr. Öğr. Üyesi Merve TOMAŞ

Üye Doç. Dr. Salih KARASU

Üye Doç. Dr. Mustafa YAMAN

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Erhan İÇENER
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “**Balkabağı Püresine İlave Edilen Farklı Yağ Asitlerinin Karotenoid Profili Ve *İn Vitro* Biyoerişilebilirliği Üzerine Etkileri**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

Elif PİŞKİN

ÖN SÖZ

Öncelikle, yüksek lisans ve tez çalışması sürecimde bana yol gösteren, her aşamada desteğini ve ilgisini hissettiğim, fikirleri ve yorumları ile tez çalışması için yoğun emek vermiş değerli tez danışmanım Dr. Merve TOMAŞ'a, saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecinde her türlü laboratuvar imkanını sağlayan, çalışma çıktılarını elde etmede desteğini ve değerli fikirlerini esirmeyen Doç. Dr. Salih KARASU ve Doç. Dr. Mustafa YAMAN'a katkılarından dolayı saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans sürecinin yanı sıra, lisans sürecinde de kendisinden eğitim almış olmaktan onur duyduğum, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Fakültesi, Gıda Mühendisliği Programı, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Başkanı Prof. Dr. Hasan YETİM'e saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmayı, BAP-1000-79 no'lu proje kapsamında destekleyen İZÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Destek Programı'na teşekkürlerimi sunarım.

Bu yolu birlikte yürüdüğüm, gerek fikirleri gerekse yardımlarıyla çalışmaya büyük katkı vermiş olan kıymetli dostum Kevser KANDEMİR'e sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Desteğini ve ilgisini her daim hissettiğim, her koşulda yanımda olan Ümit ÖNERGE'ye sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, hayatım boyunca her daim arkamda duran, varlıklarıyla güç bulduğum, beni cesaretlendiren, bana güvenen ve bu günlere gelmemi sağlayan biricik aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Elif PİŞKİN
İstanbul -2023

ÖZET

BALKABAĞI PÜRESİNE İLAVE EDİLEN FARKLI YAĞ ASİTLERİNİN KAROTENOİD PROFİLİ VE *İN VİTRO* BİYOERİŞİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Elif PİŞKİN

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Merve TOMAŞ

Ocak, 2023 – 71 sayfa

Son zamanlarda tüketiciler, dengeli ve sağlıklı beslenmeye her geçen gün daha da önem vermekte ve özellikle vitamin ve besleyici yağlar bakımından zengin besinler tüketmeye özen göstermektedirler. Bu bağlamda, çalışmada homojenizasyon, ısıl işlem ve farklı türde yağların (zeytinyağı, mısır yağı, hindistancevizi yağı) balkabağı toplam fenolik maddesi, toplam antioksidan aktivitesi ve karotenoidleri üzerindeki etkisi *in vitro* sindirim sonucu değerlendirilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı *in vitro* sindirim sonrası, zeytinyağlı örneklerde 180,6 – 403,2 mg GAE/100 g km arasında, mısır yağlı örneklerde 154,3-398,1 mg GAE/100 g km arasında ve hindistan cevizi yağlı örnekler arasında 168,5-316,9 mg GAE/100 g km arasında değişim göstermiştir. Toplam antioksidan madde miktarı DPPH ve CUPRAC yöntemleri ile belirlenmiş olup *in vitro* sindirim sonrası CUPRAC yöntemine göre mısır yağlı örneklerde en yüksek 248,4 mg TE/100 g km, zeytin yağlı örneklerde 365,0 mg TE/100 g km ve hindistan cevizi yağlı örneklerde 328,6 mg TE/100 g km; DPPH yöntemine göre mısır yağlı örneklerde en yüksek 89,5 mg TE/100 g km, zeytin yağlı örneklerde 73,0 mg TE/100 g km ve hindistan cevizi yağlı örneklerde ise 49,5 mg TE/100 g km olarak tespit edilmiştir. *In vitro* sindirim sonrası toplam fenolik madde biyoerişilebilirliğinde kontrol örneğe kıyasla en çok değişim gösteren örnekler sırasıyla %10 zeytinyağı içeren yalnızca ısıl işlem uygulanmış örnek (1,7 kat artış) ve %2,5 mısır yağı içeren ısıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış örnek (1,15 kat artış) olmuştur. Antioksidan aktivite değerinde, *in vitro* sindirim sonrası en çok artış DPPH metodunda %10 zeytinyağı içeren ısıl işlem uygulanmış örnekte (1,68 kat) saptanmış olup CUPRAC yönteminde ise %5 zeytinyağı içeren ısıl işlem uygulanmış örnekte (2,71 kat) tespit edilmiştir. Karotenoid profili, HPLC yöntemi ile tespit

edilmiş olup, lutein, 9-cis-anteraksantin, violaksantin, α -karoten, β -karoten ve β -kriptoksantin karotenoidleri balkabağında saptanmış, bunların arasından α -karoten, β -karoten ve β -kriptoksantin karotenoidlerinin ise balkabağını domine ettiği tespit edilmiştir. %10 mısır yağlı ısıtılma işlem ve homojenizasyon uygulanmış örnek α -karoten biyoerişilebilirliğini 7 kat artırırken ($3899,7 \pm 94,49 \mu\text{g}/100 \text{ gr}$); ısıtılma işlem ve homojenizasyonun birlikte uygulandığı %2,5 hindistan cevizi yağlı örnek β -karoten biyoerişilebilirliğini 5 kat ($681,23 \pm 43,79 \mu\text{g}/100 \text{ gr}$), yalnızca ısıtılma işlem uygulanmış %10 hindistan cevizi yağlı örnek β -kriptoksantin biyoerişilebilirliğini 13 kat ($27,01 \pm 0,93 \text{ mg}/100\text{gr}$) artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Balkabağı, karotenoid, biyoerişilebilirlik, fenolik madde, antioksidan aktivite

ABSTRACT

THE EFFECTS OF DIFFERENT FATTY ACIDS ADDED TO PUMPKIN PUREE ON CAROTENOID PROFILE AND *IN* *VITRO* BIOAVAILABILITY

Elif PİŞKİN

Master, Food Engineering

Thesis Advisor: Asst. Prof. Dr. Merve TOMAŞ

January, 2023 – 71 Pages

Recently, consumers give more importance to a balanced and healthy diet, and they take care to consume foods rich in vitamins and nutritious oils. In this context, the effect of homogenization, heat treatment and different types of oils (olive oil, corn oil, coconut oil) on pumpkin total phenolic substance, total antioxidant activity and carotenoids as a result of *in vitro* digestion was evaluated. Total phenolic substance content after *in vitro* digestion, was between 180.6 – 403.2 mg GAE/100 g km in samples with olive oil, between 154.3-398.1 mg GAE/100 g km samples with corn oil, and between 168.5-316.9 mg GAE/100 in coconut oil samples The total amount of antioxidant substance was determined by DPPH and CUPRAC methods. According to the CUPRAC method, after *in vitro* digestion, the highest value was 248.4 mg TE/100 g km in corn oil samples, 365,0 mg TE/100 g in olive oil samples km and 328.6 mg TE/100 g km in samples with coconut oil. According to DPPH method, antioxidant activity was 89.5 mg TE/100 g km in samples with corn oil 73.0 mg TE/100 g km in samples with olive oil and 49,5 mg TE/100 g km in samples with coconut oil. The samples that showed the most variation in total phenolic bioavailability after *in vitro* digestion compared to the control sample were the heat treated sample containing 10% olive oil (1.7 fold increase) and both heat treated and homogenized sample containing 2.5% corn oil (1.15 fold increase).. The highest increase in antioxidant activity value after *in vitro* digestion was detected in the heat treated sample containing 10% olive oil (1.68 fold) in the DPPH method, and in the heat treated sample containing 5% olive oil in the CUPRAC method (2.71 fold). The carotenoid profile was determined by HPLC method, and lutein, 9-cis-anthraxanthin, violaxanthin, α -carotene, β -carotene and β -cryptoxanthin carotenoids were detected

in pumpkin, among which α -carotene, β -carotene and β -cryptoxanthin carotenoids were determined to dominate the pumpkin. While heat treated and homogenized sample with 10% corn oil increased the α -carotene bioaccessibility by 7 times ($3899,7 \pm 94,49 \mu\text{g}/100 \text{ gr}$), the sample containing 2,5% coconut oil which heat treatment and homogenization were applied together, increased the bioaccessibility of β -carotene by 5 times ($681.23 \pm 43.79 \mu\text{g}/100 \text{ gr}$) and only heat-treated sample containing 10% coconut oil increased the bioaccessibility of β -cryptoxanthin 13-fold ($27.01 \pm 0.93 \text{ mg}/100\text{gr}$).

Keywords: Pumpkin, carotenoid, bioaccessibility, phenolic substance, antioxidant activity



İÇİNDEKİLER TABLOSU

TEZ ONAYI	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ	ii
ÖN SÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TABLOLAR LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
SEMBOLLER LİSTESİ	xii
KISALTMALAR	xiii
BİRİNCİ BÖLÜM	1
GİRİŞ	1
İKİNCİ BÖLÜM	3
LİTERATÜR TARAMASI	3
2.1. Balkabağı Meyvesi	3
2.1.1. Balkabağı Morfolojik Özellikleri	4
2.1.2. Balkabağı Bileşimi ve Sağlık Üzerine Etkileri	4
2.1.2.1. Balkabağı Bileşimi	4
2.1.2.2. Balkabağı Sağlık Etkileri	8
2.2. Yağların ve Çeşitli Proseslerin Karotenoid Biyoerişilebilirliği Üzerindeki Etkisi ile İlgili Çalışmalar	10
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	12
MATERYAL VE METOT	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Balkabağı Örnekleri.....	12
3.1.2. Balkabağı Püresi Hazırlama	12
3.2. Metot	15
3.2.1. Ekstrakt Hazırlama	15
3.2.2. Toplam Fenolik Madde Tayini	15
3.2.3. Toplam Antioksidan Kapasitesi Tayini	15

3.2.3.1. DPPH Radikal Yakalama Yöntemi	15
3.2.3.2. CUPRAC metodu (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi) .	16
3.2.4. Karotenoid izomerlerinin ve karoten miktarının belirlenmesi	16
3.2.4.1. β -karoten Ekstraksiyonu.....	16
3.2.4.1. HPLC Yöntemi ile β -carotene izomerlerinin and β -carotene miktarının belirlenmesi	16
3.2.5. Biyoyararlılığın INFOGEST Yöntemi ile Belirlenmesi.....	17
3.2.6. Nem Tayini	17
3.2.7. İstatistiksel Analiz	18
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	19
BULGULAR VE TARTIŞMA.....	19
4.1. Nem Tayini	19
4.2. Toplam Fenolik Madde	19
4.3. Toplam Antioksidan Kapasitesi (CUPRAC, DPPH).....	28
4.4. Karotenoid Profili Analizi.....	37
SONUÇ VE ÖNERİLER	48
KAYNAKÇA.....	50
ÖZGEÇMİŞ	58

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3. 1. Çalışmanın deneysel kurulumu	13
Tablo 3. 2. Örneklere verilen kodlar	14
Tablo 4. 1. <i>In vitro</i> sindirim öncesi toplam fenolik madde miktarları	22
Tablo 4. 2. <i>In vitro</i> sindirim sonrası toplam fenolik madde miktarları	27
Tablo 4. 3. <i>In vitro</i> sindirim öncesi antioksidan aktivite değerleri	30
Tablo 4. 4. <i>In vitro</i> sindirim sonrası antioksidan aktivite değerleri	33
Tablo 4. 5. <i>In vitro</i> sindirim öncesi karotenoid miktarları	44
Tablo 4. 6. <i>In vitro</i> sindirim sonrası karotenoid miktarları	45

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Balkabağı meyvesi	4
Şekil 2. 2. β - karotenden Retinol oluşumu	6
Şekil 4. 1. <i>In vitro</i> sindirim öncesi ve sonrası toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişimler	26
Şekil 4. 2. <i>In vitro</i> sindirim öncesi ve sonrası antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişimler (CUPRAC)	25
Şekil 4. 3. <i>In vitro</i> sindirim öncesi ve sonrası antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişimler (DPPH)	25

SEMBOLLER LİSTESİ

%	Yüzde
mg	Miligram
g	Gram
ml	Mililitre
pH	Power of Hydrogen
μ g	Mikrogram
β	Beta
α	Alfa
rpm	Dakikadaki tur sayısı
nm	Nanometre

KISALTMALAR

TE	Troloks eşdeğeri
CUPRAC	Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasitesi
DPPH	1,1-difenil-2- pikrilhidrazil
GAE	Gallik asit eşdeğeri
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
TE	Troloks eşdeğeri
TFM	Toplam fenolik madde



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

İnsanların günlük diyetlerinde faydalarından yararlanmak için tükettikleri A, D, E vitamini gibi vitaminler ve kurkumin, flavonoidler ve karotenoidler gibi nutrasötikler çoğunlukla hidrofobik yapıya sahip olmalarından dolayı zayıf veya değişken biyoyararlılık sergileyebilmektedirler (McClements ve diğerleri, 2016). Bir başka deyişle, vücuda alınan bazı vitaminler gibi birtakım biyoaktif bileşenlerin ‘‘hidrofobik’’ yani yağda çözünür bir tabiata sahip olmalarından ötürü, bunların yalnızca bir kısmı fizyolojik fonksiyonlara katılabilmektedir(Johnson, 2002; Toutain ve Bousquet-Mélou, 2004). Bu bileşenlerin sınırlı olan biyoyararlılıklarının ve yetersiz tüketiminin neden olduğu bazı sağlık sorunlarına literatürde yaygın olarak rastlanmaktadır. Özellikle dünya çapında A vitamini eksikliğinden kaynaklanan rahatsızlıkların en yaygın problemlerden biri olduğu ve az gelişmiş ülkelerde gelişme çağındaki çocuklarda yaygın olarak görüldüğü bilinmekte, bunun yanı sıra dünyada her yıl 350.000 çocuğun A vitamini yetersizliğine bağlı olarak kalıcı körlükle karşı karşıya kaldığı bildirilmiştir (Priyadarshani, 2017). Dolayısıyla dünya çapında A vitamini eksikliğinin ve bunun yol açtığı rahatsızlıkların önlenmesinde özellikle provitamin A özelliği taşıyan karotenoidlerce zengin sebze ve meyve tüketiminin önemi büyüktür. Biyoaktif bileşenler içerisinde değerlendirilen karotenoidler, meyve ve sebzelerin kayda değer bir kısmında karşımıza çıkmakta ve gerek antioksidan aktivitesiyle sağladığı anti-kanserojen etkisinden, gerekse provitamin A özelliğinden ötürü esansiyel bir mikrobesein maddesi olarak ele alınmaktadır (Knockaert, Lemmens, Van Buggenhout, Hendrickx ve Van Loey, 2012; Yao ve diğerleri, 2021). Özellikle karotenoidlerin alt grubu olan karotenler ailesinde bulunan β -karoten ve likopen havuç, domates, balkabağı ve yeşil sebzelerde bol miktarda bulunmakta (Johnson, 2002) ve bazı epidemiyolojik çalışmalar karotence zengin meyve-sebze tüketiminin kanser riskini azalttığına dair bulgular ortaya koymaktadır (Saini, Keum, Daglia ve Rengasamy, 2020; Ziegler, Mayne ve Swanson, 1996). Yine karotenoidlerin anti-oksidan tabiatlarının etkisiyle birlikte kolesterolün oksidasyonunu engelleyerek kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı da bilinen gerçeklerden biridir (Voutilainen, Nurmi, Mursu ve Rissanen, 2006). Halbuki karotenlerin bu faydalarından yararlanabilmek ve maksimum verimi alabilmek için

bu maddenin sindirim sisteminden zarar görmeden geçebilmesi ve bağırsaklarda büyük bir çoğunluğunun emilerek dolaşım sistemine katılması gerekmektedir. Bu doğrultuda Brown ve diğerleri, (2004a) tarafından yapılan bir çalışmada farklı miktarlarda yağ içeren salata tüketiminin kandaki karotenoid miktarına olan etkisi karşılaştırılmış ve artan yağ miktarıyla birlikte karotenoid emiliminin de artış gösterdiği belirtilmiştir.

Balkabağı (*Cucurbita moschata*), farklı iklim koşullarına kolay adapte olabilmesi nedeniyle Türkiye’de de hatrı sayılır miktarda yetiştirilen ve ekonomik olarak umut vaat eden bir tarım ürünüdür. TÜİK 2020 verilerine göre Türkiye’de balkabağı üretiminin yaklaşık 94 bin ton olduğu ve dünya genelindeki üretimde on ikinci sırada yer aldığı bildirilmiştir (Balkaya ve Kandemir, 2015). Balkabağı, içerisinde bulunan yüksek karotenoid miktarından (5.9mg/100g α -karoten, 7mg/100g β -karoten ve 0.14mg/100g lutein+zeaxanthin) dolayı beslenme ve sağlık açısından önem arz etmekte ve özellikle zenginleştirilmiş ürünlerin üretiminde kullanılabilirliği birçok araştırmacının dikkatini çekmektedir (Murkovic, Müllleder ve Neunteufl, 2002). Balkabağı püresi, balkabağı pulpundan üretilen katma değerli bir ürün olup kolaylıkla ekmek, makarna, bebek mamaları, bisküvi ve tatlıların formülasyonlarında kullanılabilmekte ve üretimi küçük-orta çaplı işletmelere uygun olabilmektedir (Lukin, 2019; Provesi, Dias ve Amante, 2011a). Özellikle son yıllarda balkabağı püresi kullanılarak yağ/şeker ikamesi amacıyla kek ve muffin üretiminin yanı sıra dondurma, fermente içecek ve yoğurt yapımı da çalışılmaya başlanmıştır (Arifin, Siti Nur Izyan ve Huda-Faujan, 2019; Koh ve diğerleri, 2018; Mehdiatabar, Razavi ve Javidi, 2020; Yıldız, T., Yurtlu, Y. B., & Yesiloglu, 2013). Özetle, fonksiyonel gıdaların ve katma değerli ürünlerin giderek önem kazanmaya başladığı bugünlerde yapılan araştırmalar şeker ve doymuş yağ alımının azaltılmasına ve gıdalardan maksimum fayda sağlanmasına odaklanmaktadır. Bu çalışmada farklı yağlar (zeytinyağı, hindistancevizi yağı ve mısır yağı) ile farklı proses koşulları (homojenizasyon, ısıl işlem) altında işlenen balkabağı püresinin toplam fenolik madde miktarının, antioksidan aktivitesinin, karotenoid profilinin ve biyoyararlılığının incelenerek optimize edilmesi ve özellikle gıda sektörüne yönelik ticari potansiyeli olan bir ürün geliştirilerek literatüre katkıda bulunulması hedeflenmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Balkabağı Meyvesi

Cucurbita moschata, antik çağlardan beri birçok ülkede yaygın olarak yetiştirilmektedir (Armesto ve diğerleri, 2020). Kabak türleri, Amerika kıtasından, iki farklı menşe noktasından gelmektedir. Menşe noktalarından biri Meksika ile Orta ve Güney Amerika'yı içerir; burada yetişen türler arasında *Cucurbita moschata*, *Cucurbita ficifolia*, *Cucurbita pepo* ve *Cucurbita mixta* bulunur. Diğer menşe noktası, *Cucurbita maxima* türlerini içeren Güney Amerika'dır (Armesto ve diğerleri, 2020; Jacobo-Valenzuela, Maróstica-Junior, Zazueta-Morales ve Gallegos-Infante, 2011). Gıda ürünü olarak *C. moschata*, Amerika'daki hem kırsal hem de bir dereceye kadar kentsel alanların beslenmesinde hayati bir rol oynamaktadır. Sadece sebze olarak değil, ekme, un, çorba, börek ve diğer gıdaların yapımında da katkı maddesi olarak kullanıldığı çeşitli pişirme yöntemleriyle hazırlanabilmektedir (Doymaz, 2007; Guiné, Henrriques ve Barroca, 2012). *C. moschata*, soğuğa dayanıklı olmaması, aksine yüksek sıcaklığa dayanıklı olması sebebiyle ılık tropik bölgelerde ve su bakımından zengin ortamlarda büyümeyi sever. Bununla birlikte, çiçeklenme döneminde hem kuraklığa hem de dona dayanabilir (Jacobo-Valenzuela, Maróstica-Junior, ve diğerleri, 2011). Meyvenin kabuğu sert ve güçlü olması, normal sıcaklıklarda 3 aydan fazla saklanabilmesi nakliyesini kolaylaştırmaktadır. Bu sayede, sadece günlük tüketim için değil aynı zamanda ağır işleme için de uygundur ve bu nedenle gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2. 1. Balkabağı meyvesi

2.1.1. Balkabağı Morfolojik Özellikleri

C. moschata'nın tek tip bir şekli yoktur ve elde edilen verilerde fiziksel ve kimyasal özelliklerinde büyük farklılıklar vardır (Jacobo-Valenzuela, Zazueta-Morales, ve diğerleri, 2011) Boyutları, şekilleri ve renkleri yüksek derecede çeşitlilik gösterir. Pulp kısmı nispeten kalındır ve bitki gövdelerinde bol miktarda kısa tüyler bulunmaktadır. Tohumun boyu 8,00 ile 22,41 mm arasında eni 1,00 ile 14,10 mm arasındadır kalınlık 1,58 ila 4,52 mm arasındadır ve ortalama ağırlık 0,063 ila 0,190 g arasındadır. *C. moschata*'nın dış görünümü pürüzsüzdür; Meyvenin boyu 13.21 ile 91.99 cm arasında, eni 9.46 ile 55.40 cm arasında değişmektedir. *C. moschata* kahverengi, turuncu ve benzeri gibi birçok renk ile karşımıza çıkmaktadır. Renkteki farklılık kısmen *C. moschata*'daki karotenoidlerin içeriğindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır (Men ve diğerleri, 2021).

2.1.2. Balkabağı Bileşimi ve Sağlık Üzerine Etkileri

Amerika Birleşik Devletleri, Meksika, Hindistan, Çin ve Brezilya gibi birçok ülkede *C. moschata* geleneksel olarak bir ilaç olarak kullanılmaktadır (Jacobo-Valenzuela, Maróstica-Junior, ve diğerleri, 2011; Yadav, Jain, Tomar, Prasad ve Yadav, 2010). A vitamini, B vitamini, C vitamini, çeşitli mineraller, karoten, insan vücudu için gerekli sekiz çeşit amino asit bakımından zengindir ve ayrıca fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, çinko, silikon gibi eser elementleri içerir. Modern beslenme bilimi ve tıbbı, *C. moschata*'nın hipertansiyon, diyabet, karaciğer hastalığını etkili bir şekilde önleyebildiğini ve insan bağışıklık sistemini güçlendirdiğini göstermiştir (Priori ve diğerleri, 2017). *C. moschata*'daki polisakkaritler, diyet lifi, pektin ve diğer maddelerin insan vücudu üzerinde önemli olumlu fizyolojik etkileri vardır (Jacobo-Valenzuela, Maróstica-Junior, ve diğerleri, 2011).

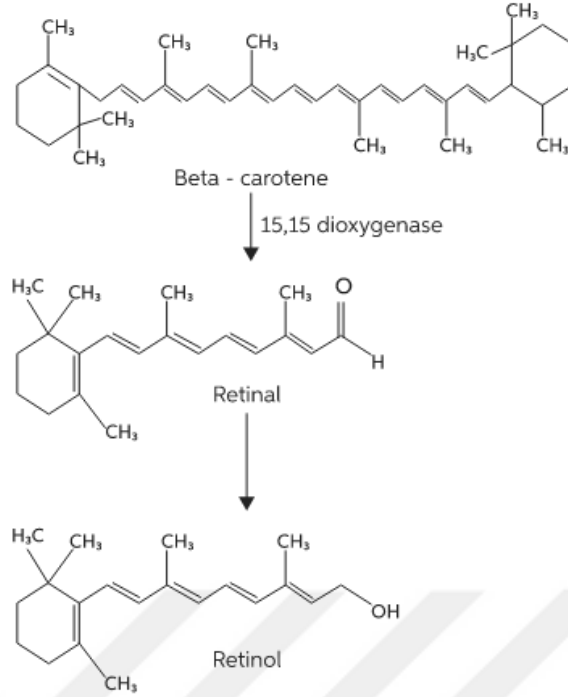
2.1.2.1. Balkabağı Bileşimi

C. moschata diyet lifi, A vitamini, C vitamini ve E vitamini açısından zengindir. Ayrıca insan vücudu için gerekli olan manganez, magnezyum ve potasyum açısından da zengin olduğu daha önce bildirilmiştir. (Li ve diğerleri, 2014). (Jun, Lee, Song ve

Kim, 2006), ayrıca *C. moschata*'nın çok miktarda pektin ve mineral tuzları içerdiğini belirtmiştir.

a) Karotenoidler ve A Vitamini

González, Montenegro, Nazareno ve López De Mishima (2001), *Cucurbita moschata*'nın β -karoten, lutein ve α -karoten açısından zengin olduğunu bulmuşlardır. β -karoten, insan vücudu tarafından emildikten sonra A vitaminine dönüştürülür. A vitamini, görsel işlevi etkili bir şekilde koruyabilme ve gece körlüğünü önleyebilme işlevlerine sahiptir. β -karoten, serbest radikalleri temizlemeye çalışır. (Bergantin ve diğerleri, 2018; González ve diğerleri, 2001; Jacobo-Valenzuela, Maróstica-Junior, ve diğerleri, 2011; Kulczynski ve Gramza-Michałowska, 2019), farklı *C. moschata* türlerinin lutein içeriğinin yaklaşık 0.03–115.6 $\mu\text{g/g}$ ve β -karoten içeriğinin yaklaşık 0.006–2340.000 $\mu\text{g/g}$ olduğunu bildirmiştir. Karotenoidler, vücudun bağışıklığını artıran ve kanser, kronik hastalıklar ve embolik damar hastalıklarının oluşumunu azaltan antioksidanlardır. González ve diğerleri (2001) ve Rodriguez-Amaya, (2003) karotenoidler açısından zengin diyetlerin vücudun bağışıklık tepkisini artırabileceğini ve kanser, kardiyovasküler hastalık ve ateroskleroz gibi kronik hastalık riskini azaltabileceğini göstermiştir. Lee ve diğerleri (2002) karotenoidlerin serbest radikalleri yakalamak için tuzak görevi görebileceği sonucuna vararak, kanser önlemede önemli bir rol oynayabilecekleri sonucuna varmıştır.



Şekil 2. 2. β - karotenden Retinol oluşumu

C. Moschata'daki A vitamininin çoğunluğu karoten formundadır. González ve diğerleri (2001) taze kabak örneklerinde A vitamini içeriğinin 432 $\mu\text{g RE}/100\text{ g}$ olduğunu bulmuşlardır, bu da *C. moschata*'nın önemli bir A vitamini kaynağı olabileceğini düşündürmektedir.

b) Diyet Lifi

Diyet lifi, insan vücudu tarafından kolayca sindirilmeyen ve emilmeyen, esas olarak polisakkaritlerden oluşan makromoleküler maddeleri kapsayan genel bir terimdir. Selüloz, pektin, hemiselüloz, glikoprotein ve diğer maddelerden oluşan bir polimerdir (López-Mejía, Martínez-Correa ve Andrade-Mahecha, 2019). Kurutulmuş kabak posası içinde %30.02'lik bir diyet lifi içeriği bulunmaktadır (Jacobo-Valenzuela, Maróstica-Junior, ve diğerleri, 2011). Jacobo-Valenzuela, Maróstica-Junior, ve diğerleri (2011), *C. moschata*'nın pulpu ve kabuğu üzerinde yaptığı çalışmada, pulptaki toplam diyet lifi içeriğinin %14.78 ile %22.75 arasında ve kabuktaki toplam diyet lifi içeriğinin %34.94 ile %44.62 arasında olduğunu bulmuşlardır. Ek olarak Deney sonuçlarına göre, diyet lifinin yaklaşık %83'ünün çözünmeyen diyet lifi olduğunu bildirmişlerdir. Saura-Calixto, Garcia-Alonso, Goni

ve Bravo (2000), patates ve elmanın toplam diyet lif içeriğinin (kuru kütle) sırasıyla %11.10 ve %12.10 olduğunu bildirmiştir. Çok sayıda çalışma, diyet lifinin plazma kolesterolünü düşürme, obeziteyi önleme, kan şekeri üretim tepkisini iyileştirme, kabızlığı ve kolon kanserini önleme, safra taşlarını önleme ve meme kanserini önleme gibi faydalı fizyolojik etkileri olduğunu kanıtlamıştır (de Escalada Pla, Ponce, Stortz, Gerschenson ve Rojas, 2007).

c) Fenolik Asitler

Fenolik bileşikler çeşitli biyolojik aktiviteler göstermektedir ve bu aktiviteler antioksidan kapasiteleri ile ilişkilendirilebilir, çünkü fenolik bileşikler metalleri lipoksijenaz aktivitesini inhibe etmek ve serbest radikalleri temizlemek için şelatlayabilmektedir (Yen, Duh ve Tsai, 1993). Aynı zamanda fenolik bileşikler, bitkilerin büyümesinde ve üremesinde de önemli bir rol oynamaktadır (Men ve diğerleri, 2021). Priori ve diğerleri (2017), 10 çeşit *C. moschata*'nın 100 g taze ağırlığı başına fenolik bileşik içeriğinin 26.31 ile 79.86 mg arasında olduğunu bulmuştur. Enneb ve diğerleri (2020), *C. moschata*'nın pulpundan, lifinden ve tohumundan quercetin ve rutin dört farklı çözücüyle (metanol, etil asetat, heksan, kloroform) elde etmiştir. Kuersetin ve rutin, Shimadzu etil asetat ekstraktı ve metanol ekstraktında tespit edilmiştir. Kuersetin içeriği sırasıyla 0,533 mg/100 g ve 0,350 mg/100 g olmuştur. Rutin içeriği ise sırasıyla 0,250 mg/100 g ve 0,130 mg/100 g olarak bulunmuştur. Kulczynski ve Gramza-Michałowska (2019), altı çeşit *Cucurbita moschata* üzerinde çalışmıştır. Altı çeşit arasında rutin ve kuersetin içeriği en zengin olan "butternut" türünün içerdiği miktarlar sırasıyla 46.93 mg/100 g ve 4.51 mg/100 g (kuru madde) olarak bildirilmiştir. Kuersetin türevleri esas olarak sebze ve meyvelerde bulunur ve kanseri, nörodejeneratif hastalıkları ve kardiyovasküler hastalıkları önleyebilen çeşitli biyolojik aktivitelere sahiptir (Anand David, Arulmoli ve Parasuraman, 2016). Rutin, çoklu farmakolojik aktiviteye sahip bir fitokimyasaldır ve nöroinflamasyon, depresyon, felç ve diğer hastalıkları etkili bir şekilde önleyebilir (Ganeshpurkar ve Saluja, 2017). Jacobo-Valenzuela, Zazueta-Morales, ve diğerleri (2011), *C. moschata*'daki ortalama fenolik içeriğin 1.38 mg C/g olduğunu ve kabuktaki ortalama fenolik içeriğin 5.14 mg C/g (kuru madde) olduğunu bulmuştur. Que, Mao, Fang ve Wu, (2008), *C. moschata* üzerinde sıcak havayla kurutma ve dondurarak kurutma deneyleri gerçekleştirmiştir. Sıcak havada kurutulmuş *C. moschata* tozunun toplam antioksidan aktivitesinin, dondurularak

kurutulmuş *C. moschata* tozundan önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Bunun nedeni, ısıtılmanın *C. moschata*'daki toplam polifenol içeriğinde bir artışa neden olması olabilir (Piga ve diğerleri, 2003). Bir diğer çalışmada taze *Cucurbita moschata*'daki toplam fenolik içeriğin 476.63 ± 0.91 mg GAE/100 g olduğu bulunmuştur (Tamer, Incedayi, Parseker Yönel, Yonak ve Çopur, 2010).

2.1.2.2. Balkabağı Sağlık Etkileri

a) Anti-diyabetik Etki

Son yıllarda yapılan birçok araştırma, *C. moschata*'nın çeşitli sağlık etkilerine sahip olduğunu göstermiştir; bunların arasında, diyabet üzerindeki etkisi üzerine yapılan araştırmalar büyük ilgi görmektedir. *C. moschata*'nın pulpu ve tohumu, hem normal hayvanlarda hem de "tetraoksopirin ile indüklenen diyabet"e sahip sıçanlarda hipoglisemik aktivite göstermiştir. *C. moschata*'dan iki yeni tetrasakarit gliseroglikolipid (QGMG3, QGMG-2) ekstrakte edilmiş ve diyabetik farelerin kan şekeri seviyesini önemli ölçüde azalttığı bulunmuştur. Bu gliseroglikolipidler, tip II diyabet tedavisi için aday bir ilaç olarak kullanılabilir (Jiang ve Du, 2011).

b) Antikanserojenik Aktivite

Kanser tedavisi zorlu bir süreçtir ve çoğu kanser türü günümüzde halen tamamen tedavi edilememektedir. Bunun ana nedeni, kanserin sonsuz replikasyon ve difüzyon transferi özelliklerine sahip olmasıdır. Bu nedenle, araştırmacılar ve tıp uzmanları için büyük bir zorluk teşkil etmektedir. Çalışmalar, sebze ve meyveleri daha fazla tüketerek kanser riskinin azaltılabileceğini göstermektedir (Craig, 1997). Hem ham *C. moschata* özü hem de proteinler ve polisakkaritler gibi birkaç saflaştırılmış bileşen üzerinde yapılan ön araştırmalar, *C. moschata*'daki bu bileşenlerin melanom, lösemi vb. üzerinde antikanser etkileri olduğunu göstermiştir. Ancak ortada bir belirsizlik bulunmaktadır. Örneğin, bir çalışmada haşlanmış kabak suyunun kanser hücrelerinin oluşumunu önemli ölçüde engelleyebildiği gözlenirken, diğerlerinde ise taze kabak suyunun kanser hücrelerinin büyümesini artırabildiğini bulunmuştur (Caili, Huan ve Quanhong, 2006; Heng, Li, Li ve Zhang, 2003). Bir çalışmada ise vaka referans çalışmaları ve hastane bazlı karşılaştırmalar yoluyla, düzenli balkabağı alımının ve düzenli egzersizin mide, bağırsak, akciğer ve meme kanseri riskini

azaltabileceği sonucuna varılmıştır (Huang ve diğerleri, 2004). Heng ve diğerleri (2003), olgun *C. moschata* tohumlarından Moschatin olarak adlandırılan yeni bir tür ribozomu inaktive edici protein (RIP) çıkarmış ve homojenliğe kadar saflaştırmıştır. Bunun bir tip 1 RIP olduğu sonucuna vardılar ve bu ribozomu inaktive eden proteinin M21 melanom hücrelerinin büyümesini etkili bir şekilde engelleyebildiğini bulmuşlardır. Bunun yanı sıra, likopen, α -karoten, β -karoten, β -kriptoksantin, lutein ve zeaksantin alımını artırmak, daha fazla domates, balkabağı, ıspanak, karpuz ve narenciye tüketerek prostat kanseri riskini azaltabileceği düşünülmektedir (Jian, Du, Lee ve Binns, 2005).

c) Antibakteriyel Aktivite

Bakteriler, virüsler, mantarlar ve diğer parazitler birçok hastalığa neden olabilmektedir. *C. moschata* tohumlarından moleküler ağırlığı 8 kDa olan yeni bir mantar önleyici peptit türü izole edilmiştir. Bu peptit, 375 μ g'lik bir dozda *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* ve *Mycosphaerella oxysporum*'u inhibe etmiştir (H. X. Wang ve Ng, 2003). *C. moschata* tohumlarından izole edilen üç temel protein: MAP2 (MW: 2249D), MAP4 (MW: 4650D) ve MAP11 (MW: 11696D) maya hücrelerinin büyümesini engelleyebilmektedir. Bunlar arasında MAP11 (MW: 11696D) en etkili inhibitördür, ancak MAP2 (MW: 2249D) ve MAP4 (MW: 4650D), *Escherichia coli*'nin büyümesini engellememiştir (Cailli ve diğerleri, 2006; Vassiliou, Neumann, Condron ve Polya, 1998).

C. moschata ile yapılan deneylerin sonuçlarına göre, gelişmekte olan ülkelerdeki insanlar daha fazla balkabağı yemeye teşvik edilmelidir çünkü *C. moschata*'daki bazı bileşenler bulaşıcı hastalıklara neden olan organizmaları önleyebilir. (Qian, 2014), *C. moschata*'dan suda çözünür bir polisakkarit ekstraksiyonu ve antibakteriyel kapasitesini incelemiş ve *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* üzerinde güçlü bir antibakteriyel etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır. L. Wang ve diğerleri (2017), *C. moschata* tohumlarından sıcak su ekstraksiyonu ve etanol çöktürme yoluyla proteine bağlı bir polisakkarit (PSP-I) çıkarmış ve kullanılan dört yaygın bakteri suşu ile antibakteriyel aktiviteyi test etmiştir. *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Pichia fermentans* ve *Escherichia coli*'ye karşı minimum PSP-I inhibitör konsantrasyonları sırasıyla 62.5, 7.8, 125.0 ve 15.6 μ g/mL olduğunu bildirmişlerdir. Sonuçlar, PSP-I'nin yeni bir antibakteriyel bileşik türü olabileceğini

göstermiştir. *C. moschata* tohumlarından ekstrakte edilen peptitlerin, 122.9 ± 3.2 $\mu\text{g/mL}$ öldürücü konsantrasyonla *Acinetobacter baumannii*'yi önemli ölçüde inhibe edebilme kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle, bu peptitler besleyici gıdalarda ve gıda sistemlerinde antibakteriyel ajan olarak kullanılabilir (Dash ve Ghosh, 2018).

2.2. Yağların ve Çeşitli Proseslerin Karotenoid Biyoerişilebilirliği Üzerindeki Etkisi ile İlgili Çalışmalar

Brown ve diğerleri, (2004a), tarafından yapılan bir çalışmada farklı miktarlarda yağ içeren salata tüketiminin kandaki karotenoid miktarına olan etkisi karşılaştırılmış ve artan yağ miktarıyla birlikte karotenoid emiliminin de artış gösterdiği belirtilmiştir. Yine karotenoidlerce zengin bir diyetin yanında avokado gibi lipid bakımından zengin bir gıdanın tüketilmesinin karotenoid emilimini ve karaciğerdeki A vitamini depolarını arttırdığı daha önce ortaya koyulmuştur (Deming, Baker ve Erdman, 2002; Unlu, Bohn, Clinton ve Schwartz, 2005). Öte yandan yağ tüketimi kadar, tüketilen yağın türünün ve kompozisyonunun de toplam biyoyararlılık üzerinde etkili olduğu, uzun zincirli tekli doymamış yağların (zeytinyağı) ve uzun zincirli çoklu doymamış yağların (mısır yağı), kısa zincirli doymuş yağlara kıyasla biyoyararlılık üzerinde daha etkin bir biçimde rol aldığı bildirilmiştir (Tan ve McClements, 2021). Literatür incelendiğinde çeşitli meyve ve sebze pürelerine farklı oranlarda, başta zeytinyağı olmak üzere, kanola yağı, hindistancevizi yağı ve mısır yağı ilave edildiği ve katılan yağ oranlarına göre karotenlerin biyoerişilebilirliğinin önemli ölçüde arttığı görülmüştür (Hedrn, Diaz ve Svanberg, 2002; Knockaert ve diğerleri, 2012; Zhang ve diğerleri, 2016). Karotenoidlerin emilimini kısıtlayan bir diğer faktör ise hücrede bulunduğu konumdur. Bitki hücrelerinde β -karoten, hücre zarı ve hücre duvarı ile korunan ve çift katmanlı bir zar ile çevrili olan kromoplastların içerisinde yer almakta, dolayısıyla birtakım fiziksel bariyerlerin ortadan kaldırılmasıyla β -karoten absorpsiyonu ulaşılabilir olabilmektedir. Özellikle parçacık boyutunun küçültülmesi ve fiziksel bariyerlerin bertaraf edilmesiyle birlikte, sindirim enzimleri ile olan etkileşimi artırarak karotenoidlerin gıda matrisinden salınımını iyileştirmektedir. Bu doğrultuda ısıtma işlemi ve homojenizasyon gibi bazı parametrelerin β -karoten biyoerişilebilirliğini arttırdığına yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Knockaert ve diğerleri, 2011; Sentandreu ve diğerleri, 2020). Isıtma işlemi, bitki hücre

duvarlarının ve hücre zarlarının yumuşayarak parçalanmasını sağlamakta, ayrıca karotenoid-protein kompleksini yıkımlayarak daha fazla karotenin açığa çıkmasını sağlamaktadır. Yapılan bir çalışma, haşlanmış havuçlarda β -karoten salınımının çiğ havuçlara göre 6 kat fazla olduğunu göstermiştir (Priyadarshani ve Chandrika, 2007). Yine bir başka çalışmada yüksek basınçta homojenize edilen ve %5 zeytinyağı içeren havuç pürelerinde β -karoten biyoerişilebilirliğinin 2 kat arttığı bildirilmiştir. Buna rağmen yüksek sıcaklık cis-izomerlerin oluşmasına ve provitamin A aktivitesinin düşmesine neden olurken, yüksek basınç ile işlenen örneklerde ise β -karoten oksidasyonu şekillendiği ve yıkımlandığı görülmüştür (Knockaert ve diğerleri, 2012).



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Balkabağı Örnekleri

İstanbul'da yerel marketten temin edilen balkabağı önce soyulmuş ve devamında çekirdekleri uzaklaştırılarak püre yapımına uygun hale getirilmiştir.

3.1.2. Balkabağı Püresi Hazırlama

Soyulmuş ve çekirdeklerinden uzaklaştırılmış balkabağı pulpu öncelikle ev tipi blenderden geçirilmiş, devamında başlangıç örnekleri için 1:0,5 oranında, biyoyararlılık örnekleri için 1:1,5 oranında su ile püre haline getirilmiştir. Yağsız kontrol örnekler dışında, belirli balkabağı pürelerinin her birine %2,5, %5 ve %10 oranlarında, yerel marketten temin edilen, zeytinyağı (Komili), mısır yağı (Sırma) ve hindistan cevizi yağı (Wefood) ilave edildikten sonra püreler oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Elde edilen pürelerin bazılarında homojenizasyon, bazılarında ısı işlem ve bazılarında her iki işlem birlikte uygulanmıştır. Homojenizasyon işlemi için Ultra-Turrax homojenizatör kullanılmış ve püreler 18000 rpm'de 5 saniye boyunca 3'er kez homojenize edilmiştir. Isıl işlem 100°C'de sıcaklık kontrollü su banyosunda 15 dk süre ile gerçekleştirilmiştir. Deneysel kurulumun genel görünümü Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 3. 1. Çalışmanın deneysel kurulumu

Örnek	Yağ Oranı	Proses
Püre	0%	Homojenizasyon uygulanmış püre
	0%	Isıl işlem uygulanmış püre
	0%	Isıl işlem + homojenizasyon
Püre + Zeytinyağı (ZY)	%2.5 ZY	homojenizasyon
	%5 ZY	
	%10 ZY	
	%2.5 ZY	Isıl işlem
	%5 ZY	
	%10 ZY	
	%2.5 ZY	Isıl işlem + homojenizasyon
	%5 ZY	
	%10 ZY	
Püre + Mısır Yağı (MY)	%2.5 MY	homojenizasyon
	%5 MY	
	%10 MY	
	%2.5 MY	Isıl işlem
	%5 MY	
	%10 MY	
Püre + Hindistancevizi yağı (HY)	%2.5 MY	Isıl işlem + homojenizasyon
	%5 MY	
	%10 MY	
	%2.5 HY	homojenizasyon
	%5 HY	
	%10 HY	
Püre + Hindistancevizi yağı (HY)	%2.5 HY	Isıl işlem
	%5 HY	
	%10 HY	
	%2.5 HY	Isıl işlem + homojenizasyon
	%5 HY	
	%10 HY	

Örneklere Verilen Kodlar Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3. 2. Örneklere verilen kodlar

Örnek Kodu	Örnek İsmi
CI	Yalnız ısıtıl işlem uygulanmış yağsız püre
CH	Yalnız homojenizasyon uygulanmış yağsız püre
CIH	Isıl İşlem ve homojenizasyon uygulanmış yağsız püre
MI1	%2,5 mısır yağı eklenmiş ve ısıtıl işlem uygulanmış püre
MI2	%5 mısır yağı eklenmiş ve ısıtıl işlem uygulanmış püre
MI3	%10 mısır yağı eklenmiş ve ısıtıl işlem uygulanmış püre
MH1	%2,5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre
MH2	%5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre
MH3	%10 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre
MIH1	%2,5 mısır yağı eklenmiş; ısıtıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre
MIH2	%5 mısır yağı eklenmiş; ısıtıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre
MIH3	%10 mısır yağı eklenmiş; ısıtıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre
ZI1	%2,5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtıl işlem uygulanmış püre
ZI2	%5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtıl işlem uygulanmış püre
ZI3	% 10 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtıl işlem uygulanmış püre
ZH1	%2,5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre
ZH2	%5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre
ZH3	%10 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre
ZIH1	%2,5 zeytinyağı eklenmiş; ısıtıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre
ZIH2	%5 zeytinyağı eklenmiş; ısıtıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre
ZIH3	%10 zeytinyağı eklenmiş; ısıtıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre
HI1	%2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtıl işlem uygulanmış püre
HI2	%5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtıl işlem uygulanmış püre
HI3	%10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtıl işlem uygulanmış püre
HH1	%2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre

Tablo 3.2. Örneklere verilen kodlar (devam)

HH2	%5 hindistan cevizi eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre
HH3	%10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre
HH1	%2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre
HH2	%5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre
HH3	%10 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre

3.2. Metot

3.2.1. Ekstrakt Hazırlama

Ekstraktlar Vallverdú-Queralt, Regueiro, de Alvarenga, Torrado ve Lamuela-Raventos (2015) Tarafından anlatılan yöntemle bazı modifikasyonlar uygulanarak hazırlanmıştır. 1 g yağlı ve yağsız örnekler 5 ml 4:3 etanol:hekzan eklenerek ultrasonik banyoda 10 dakika tutulduktan sonra 10000 rpm de 2 dakika santrifüjlenerek süpernatant kısmı toplanmıştır.

3.2.2. Toplam Fenolik Madde Tayini

Folin Ciocalteu metodu uygulanarak, ekstraktlara sodyum karbonat ve Folin reaktifi ilavesiyle oluşan reaksiyon sonucunda oluşan mavi rengin şiddeti 765 nm’de spektrofotometrede ölçülerek sonuçlar galik asit eşdeğeri olarak ifade edilmiştir (Singleton ve Rossi, 1965).

3.2.3. Toplam Antioksidan Kapasitesi Tayini

3.2.3.1. DPPH Radikal Yakalama Yöntemi

DPPH (1,1-difenil-2- pikrilhidrazil) çözeltisi ile ekstrakt reaksiyona sokulmuş, 30 dk bekleme süresi sonrası oluşan pembe renk 517 nm’de spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Kumaran ve Joel Karunakaran, 2006). Standart olarak troloks kullanılmış ve ekstraktların toplam antioksidan aktivitesi, 100 mg kuru ağırlık başına mg Troloks Eşdeğeri (TE) olarak ifade edilmiştir.

3.2.3.2. CUPRAC metodu (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi)

Ekstrakt, sırasıyla, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ çözeltisi, Neocuproine çözeltisi ve amonyum asetat çözeltisi ile karıştırılmış ve 30 dakika bekletildikten sonra 450 nm'de kör numuneye karşı absorbans ölçülmüştür (Apak, Güçlü, Özyürek ve Karademir, 2004). Standart olarak troloks kullanılmış ve ekstraktların toplam antioksidan aktivitesi, 100 mg kuru ağırlık başına mg Troloks Eşdeğeri (TE) olarak ifade edilmiştir.

3.2.4. Karotenoid izomerlerinin ve karoten miktarının belirlenmesi

3.2.4.1. β -karoten Ekstraksiyonu

β -karoten miktarının belirlenmesinde öncelikle her bir püre örneğinden β -karoten ekstrakte edilecek ve ekstraksiyon prosedürü Sadler, Davis Ve Dezman (1990) tarafından bildirildiği şekilde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle 1 g balkabağı püresine eşit miktarda $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ve 50 mL ekstraksiyon solüsyonu (%50 hekzan, %25 aseton, %25 etanol ve %0.1 BHT) eklenerek 4 °C'de 20 dakika boyunca karıştırılmış, sonrasında 15 mL distile su eklenerek 10 dakika daha karıştırılmaya devam edilmiştir. Organik fazda kalan karotenoidler sulu fazdan ayrılmış (ayırma hunisi) ve filtre edilmiştir (0.20 mikron Chromafil PET filters). Elde edilen filtratın absorbansı 450 nm dalga boyunda (hekzanda β -karoten için λ_{max}), kör numune olarak hekzan ve %0,1 BHT kullanılarak, spektrofotometrik olarak incelenecek ve toplam karotenoid konsantrasyonu hesaplanmıştır. Ekstraksiyon prosedürü hafif kırmızı ışık altında gerçekleştirilmiş ve üç defa tekrarlanmıştır.

3.2.4.1. HPLC Yöntemi ile β -carotene izomerlerinin and β -carotene miktarının belirlenmesi

Balkabağı püresindeki β -karoten izomerlerinin tespit edilmesi ve miktarlarının belirlenmesi için, ekstraksiyon prosesinde elde edilen filtrat HPLC ile incelenmiştir. Analiz, Sadler ve diğerleri (1990) tarafından uygulanan prosedürde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ters fazlı bir C30 kolonu ve bir diyot dizisi dedektörü ile donatılmış bir HPLC sistemi kullanılmıştır. Analiz sırasında, otomatik örnekleyicinin ve kolonun sıcaklıkları sırasıyla 4 °C ve 25 °C'de tutulmuştur. Farklı izomerleri ayırmak için doğrusal gradyan elüsyonu kullanılmıştır. Gradyan, 1 mL/dakikalık bir akış hızında, 20 dakikada, %81 metanol, %15 metil-t-

butil-eter ve %4 reaktif sudan, %41 metanol, %55 metil-t-butil-eter ve %4 reaktif suya oluşturulmuştur. Farklı izomerlerin absorpsiyonları 450 nm'de ölçülmüştür. Elüsyon piklerinin absorpsiyon spektrumları ve alıkonma süreleri, mevcut standartları ile karşılaştırılmıştır.

3.2.5. Biyoyararlılığın INFOGEST Yöntemi ile Belirlenmesi

INFOGEST yöntemi, simüle edilmiş sindirim sıvıları yani fizyolojik koşullara dayalı konsantrasyonlara sahip elektrolitler içeren sulu çözeltiler kullanılarak oral, mide ve bağırsak fazlarını içermektedir (Minekus ve diğerleri, 2014). *In vitro* sindirim, Minekus ve diğerleri (2014) tarafından tanımlanan prosedüre bazı modifikasyonlar uygulanarak gerçekleştirilmiştir. 5 g balkabağı püresine, 3,5 mL simüle tükürük sıvısı solüsyonu (1 M NaOH ile ayarlanmış pH $7,0 \pm 0,2$), 0,5 mL amilaz solüsyonu, 25 µL 0,3 M CaCl₂ ve 975 uL ultra saf su, ilave edilmiştir. Karışım, karıştırılarak 2 dakika 37°C'de su banyosunda bekletilmiştir. Mide fazını simüle etmek için karışıma; 6 mL simüle mide sıvısı solüsyonu (1 M HCl ile pH $3,0 \pm 0,2$ ayarlanmış), 1,28 mL pepsin solüsyonu ve 4 µL 0,3 M CaCl₂ eklenmiştir. Karışımın pH'ı 1 M HCl ile $3,0 \pm 0,2$ 'ye ayarlanmıştır. Karışım, 2 saat 37°C su banyosunda bekletilmiştir. Bağırsak koşullarını simüle etmek için 7,7 mL simüle bağırsak sıvısı çözeltisi (pH $7,0 \pm 0,2$), 3,5 mL pankreatin çözeltisi, 1,75 ml safra çözeltisi ve 28 µL 0,3 m CaCl₂ ilave edilmiştir. Ayrıca, yağlı örneklere safra eklendikten sonra 2,5 ml lipaz eklenmiştir. Karışımın pH'ı, 1 M NaOH ile $7,0 \pm 0,2$ 'ye ayarlanmıştır. Karışım, 37 °C su banyosunda 2 saat bekletilmiştir. Elde edilen ekstraktlara toplam fenolik madde, flavonoid madde, antioksidan aktivitesi, HPLC ile fenolik ve karotenoid profil analizleri uygulanmıştır. Sonuçlar kuru baz olarak ifade edilmiştir.

3.2.6. Nem Tayini

Deneyde kullanılacak kapların tara ölçümleri yapıldıktan sonra üzerlerine 2 g numune konulmuştur. Tartımı yapılan numuneler etüvde 105 °C sıcaklıkta sabit sıcaklığa gelinceye kadar yaklaşık 4 saat bekletildikten sonra desikatörde soğutulmuştur. Ardından ağırlık ölçümleri tekrar yapılarak üründeki nem kaybı hesaplanmıştır.

3.2.7. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen sonuçlara, istatistiksel analizler uygulanarak, farklılıkların istatistiksel olarak önemli düzeyde olup olmadığı tespit edilmiştir. Bu amaçla SPSS (versiyon 11.5, Windows XP, SPSS Inc.) programından yararlanılarak ANOVA- tek yönlü varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi 2 paralellemli olarak uygulanarak ortalama değerler yukarıdaki istatistiksel yöntemlerle rapor edilmiştir.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Nem Tayini

Yağ ilavesi yapılmamış örnekler içerisinde, yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış örnekte nem oranı %89,5, ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış örnekte %92,7 yalnızca homojenizasyon uygulanmış örnekte ise %96,2 olarak tayin edilmiştir. Beklendiği üzere, ısıtma işlemi uygulanan örneklerin nem oranının, ısıtma işlemi uygulanmamış örneğe göre daha az olduğu görülmüştür. Mısır yağlı örneklerin nem oranı %82,8 ile %93,8 değişmiştir. Zeytin yağlı örneklerde bu oran %88,3 ile %93,5 arasında değişirken, Hindistan cevizi yağı ilave edilmiş örneklerde ise %87,0 ile %92,5 arasında değişmiştir.

4.2. Toplam Fenolik Madde

Balkabağı örneklerinin kuru maddede toplam fenolik madde miktarları tablo 4.1’de gösterilmektedir. Yağsız kontrol örneklerde, toplam fenolik madde miktarının en çok yalnızca homojenize edilmiş ($129,8 \pm 8,9$ mg GAE/100 g kuru madde) örnekte olduğu tespit edilmiştir. Devamında, onu $85,3 \pm 9,1$ mg GAE/100 g km ile homojenizasyon ve ısıtma işlemi uygulanmış örnek takip etmiş ve en düşük miktar $51,0 \pm 5,0$ mg GAE/100 g km ile yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış örnekte tespit edilmiştir. Yalnızca homojenize edilmiş örnek ile homojenizasyon ve ısıtma işlemi uygulanmış örnek arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken, yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış örnek ile anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında, domates ile yapılan bir çalışmada, domateslere 80 °C de 2 saat ve sonrasında 60 °C de 6 saat kurutma işlemi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, toplam fenolik madde miktarı sırasıyla %13 ve %50 oranında artış meydana geldiği bildirilmiştir (Chang, Lin, Chang ve Liu, 2006). Yine domates ile yapılan başka bir çalışmada domatese 35 °C’de ısıtma işlemi uygulanmış ve sonucunda fenolik madde miktarında 3060 µg/g’den 5520 µg/g’ a artış gözlemlenmiştir (Rivero ve diğerleri, 2001). Gözlenen artışlara neden olarak ısıtma işlemi sonucunda hücre duvarının yumuşaması sonucunda fenolik bileşiklerin serbest

hale geçmesi verilmiştir (Çapanoğlu ve Boyacıoğlu, 2009). Çalışmada ısıtma işlemi uygulanan örnekte fenolik madde miktarındaki düşüşün nedeni ısıtma işleminin uzun süreli ve yüksek derecede (100 °C) uygulanması sonucu biyoaktif bileşiklerin degradasyona uğraması olabilir.

Mısır yağlı örnekler arasında en yüksek toplam fenolik madde %2,5 oranında yağ ilave edilmiş ve homojenizasyon ve ısıtma işlemi uygulanmış örnekte tespit edilirken, en düşük oran %10 oranında yağ ilave edilmiş ve homojenizasyon ve ısıtma işlemi uygulanmış örnekte bulunmuştur. Genel olarak bakıldığında, mısır yağı ilave edilmiş örneklerde proses fark etmeksizin en yüksek oran %2,5 yağ ilave edilmiş örneklerde tespit edilmiştir. Örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsızdır ($p < 0.05$).

Zeytinyağı ilave edilmiş örneklerde, en yüksek TFM %10 oranında yağ ilave edilmiş ve yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış örnekte tespit edilirken, en düşük oran %5 oranında yağ ilave edilmiş ve sadece homojenizasyon uygulanmış örnekte bulunmuştur. Örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Isıtma işlemi ve ısıtma işlemi ile homojenizasyon uygulanan örneklerde en yüksek TFM %10 yağ oranına sahip örneklerde bulunmuşken, homojenizasyon uygulanan örneklerde en yüksek oran %2,5 oranında yağ eklenmiş örnekte tespit edilmiştir. Örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsızdır ($p < 0,05$).

Hindistan cevizi yağlı örneklerde, yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış ve yalnızca homojenizasyon uygulanmış örnekler arasında TFM bakımından sıralama %2,5 oranında yağ içeren 1 numaralı örneklerde görülmüş devamında onu %10 oranında yağ içeren örnekler takip etmiş ve en düşük miktar %5 yağ içeren örneklerde görülmüştür. Ancak, Her iki işlemin de uygulandığı örneklere bakıldığında, %2,5 ve %5 oranında yağ içeren örneklerin TFM içeriğinin neredeyse aynı olduğu ve %10 oranında yağ içeren örneğin en yüksek TFM içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Hindistan cevizi yağı içeren tüm örnekler arasında en yüksek oran ise yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış %2,5 oranında yağ içeren örnekte tespit edilmiştir. Ancak örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p < 0,05$).

Yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış örnekler arasından, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, MI1, MI2, ZI1, ZI2, ZI3 ve HI1 örneklerinde TFM miktarının artış gösterdiği, MI3, HI2 VE HI3 örneklerinde ise düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Yağ ilavesi ile birlikte TFM'de en yüksek miktarda artış %10 oranında zeytinyağı

eklenmiş ZI3 örneğinde görülmüştür. Benzer bir çalışmada, domates soslarına %5 ve %10 konsantrasyonlarında sızma zeytinyağı eklenmiş ve fenolik profilde meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir. Domates sosuna daha yüksek konsantrasyonda sızma zeytinyağı eklenmesinin, domatesten fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu artırdığı ve sosların daha yüksek fenolik içeriğine sahip olmasına yol açtığı görülmüştür. Ancak, uzun süreli ısı işleminin ise fenolik içerik üzerinde negatif etkisi olduğu belirtilmiştir (Vallverdú-Queralt, Regueiro, Rinaldi De Alvarenga, Torrado ve Lamuela-Raventos, 2014).

Yalnızca homojenizasyon işlemi uygulanmış yağlı örnekler, homojenize edilmiş yağsız kontrol örnek ile karşılaştırıldığında, hepsinin TFM oranında düşüş yaşadığı gözlemlenmiştir. %2,5 oranında hindistan cevizi yağı içeren yalnızca homojenize edilmiş örneğin TFM miktarının en yüksek olduğu tespit edilmiş ve %5 zeytinyağı içeren örneğin TFM miktarının ise en düşük olduğu bulunmuştur. Bu iki örnek arasındaki fark istatistiksel bakımdan anlamsızdır ($p < 0,05$).

Isıl işlem ve homojenizasyon proseslerinin birlikte uygulandığı örneklerde, yağsız kontrol örnek ile karşılaştırma yapıldığında, yalnızca MIH1 ve ZIH3 örneklerinde TFM oranında artış gözlemlenmiştir. Diğer örneklerin TFM oranı ise kontrol örnekten düşük bulunmuştur. Bu örnekler arasından en yüksek TFM değeri MIH1 örneğine aitken, en düşüğü ise MIH3 örneğine aittir. Örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsızdır ($p < 0,05$).

Tablo 4. 1. *In vitro* sindirim öncesi toplam fenolik madde miktarları

Örnek Kodu	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100 g kuru madde)
CI	51,0 ± 5,0 ^{bcd}
CH	129,8 ± 8,9 ^a
CIH	85,3 ± 9,1 ^{abcd}
MI1	73,3 ± 21,5 ^{abcd}
MI2	59,3 ± 27,4 ^{abcd}
MI3	36,8 ± 6,4 ^{bcd}
MH1	61,7 ± 50,7 ^{abcd}
MH2	50,4 ± 0,8 ^{bcd}
MH3	54,5 ± 1,4 ^{abcd}
MIH1	98,4 ± 68,1 ^{abc}
MIH2	34,0 ± 44,0 ^{bcd}
MIH3	26,3 ± 25,5 ^{cd}
ZI1	58,1 ± 0,2 ^{abcd}
ZI2	58,6 ± 7,1 ^{abcd}
ZI3	107,7 ± 20,9 ^{ab}
ZH1	46,5 ± 6,8 ^{bcd}
ZH2	19,9 ± 18,3 ^d
ZH3	39,9 ± 12,3 ^{bcd}
ZIH1	56,2 ± 51,2 ^{abcd}
ZIH2	39,4 ± 44,6 ^{bcd}
ZIH3	93,1 ± 5,4 ^{abcd}
HI1	93,5 ± 55,9 ^{abcd}
HI2	30,0 ± 1,4 ^{cd}
HI3	39,6 ± 16,4 ^{bcd}
HH1	76,3 ± 57,8 ^{abcd}
HH2	60,8 ± 0,7 ^{abcd}
HH3	64,4 ± 34,7 ^{abcd}
HIH1	67,0 ± 38,3 ^{abcd}
HIH2	67,0 ± 49,0 ^{abcd}
HIH3	76,8 ± 30,5 ^{abcd}

± standart sapmayı temsil etmektedir. CI: Yalnız ısıtılmış uygulanmış yağsız püre, CH:Yalnız homojenizasyon uygulanmış yağsız püre, CIH: Isıl İşlem ve homojenizasyon uygulanmış yağsız püre, MI1:%2,5 mısır yağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, MI2:%5 mısır yağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, MI3: %10 mısır yağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, MH1: %2,5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MH2: %5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MH3: %10 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH1: %2,5 mısır yağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH2: %5 mısır yağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH3:%10 mısır yağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZI1:%2,5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, ZI2: %5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, ZI3: %10 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, ZH1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZH2: %5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZH3: %10 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH2: %5

zeytinyağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH3: %10 zeytinyağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre, HI1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtma işlemi uygulanmış püre, HI2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtma işlemi uygulanmış püre, HI3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtma işlemi uygulanmış püre, HH1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HH2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HH3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HIH1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre, HIH2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre, HIH3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre.

Biyoyerişilebilirlik terimi, insan sağlığını iyileştirmek amacıyla geliştirilen gıda ve gıda formüllerinin beslenme verimliliğini belirlemek için anahtar bir kavramdır. *In vitro* biyoyerişilebilirlik çalışması için ağız, mide ve bağırsak sisteminin taklit edilmesi sonucunda toplam fenolik madde miktarına bakılmıştır. Sonuçlar kuru baz olarak verilmiştir. Literatürde yağ ilavesinin fenolik bileşikler üzerine etkisi ile ilgili sınırlı bilgi mevcuttur. *In vitro* sindirim toplam fenolik maddede meydana gelen değişimler Şekil 4.1’de ve miktarlar Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

In vitro sindirim sonrası yağsız kontrol örneklerin toplam fenolik madde miktarları büyükten küçüğe CH ($673,3 \pm 21,5$), CIH ($346,0 \pm 29,0$) ve CI ($233,8 \pm 6,6$) şeklinde sıralanmıştır. Örneklerin aralarındaki bu fark istatistiksel olarak önemlidir ($p > 0,05$). Homojenizasyon işlemi, hücresel yapıları bozan mekanik bir süreçtir; örneğin, hücre duvarlarını kırarak, hücresel ürünlerin doğrudan salınımına sebep olabilmektedir (Zhu ve diğerleri, 2016). Daha önce çeşitli çalışmalarda homojenizasyon işleminin toplam fenolik madde miktarını artırdığı tespit edilmiştir (Jurić, Ferrari, Velikov ve Donsi, 2019; Yu ve diğerleri, 2014; Zhu ve diğerleri, 2016). Çalışmamızdaki homojenizasyon işlemi uygulanmış örneklerin toplam fenolik miktarının daha yüksek olması bu şekilde açıklanabilir.

Mısır yağı eklenmiş örnekler arasında, *in vitro* sindirim sonrası en yüksek TFM ısıtma işlemi + homojenizasyon uygulanmış %2,5 yağlı örnekte tespit edilmiştir ($398,1 \pm 32,6$ mg GAE/100 g km). Isıtma işlemi + homojenizasyon uygulanmış yağsız kontrol örnek ile karşılaştırıldığında, mısır yağı eklenmesi TFM biyoyerişilebilirliğini artırmıştır. Ancak bu değişim istatistiksel olarak önemsizdir ($p > 0,05$). Yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış mısır yağlı örnekler arasında, *in vitro* sindirim sonrası, en yüksek TFM %2,5 oranında mısır yağı içeren örnekte tespit edilmiştir. %5 ve %10 oranında yağ eklenen örneklerle kıyasla aralarındaki fark önemliyken ($p < 0,05$), %5 ve %10 yağ içeren örneklerin arasındaki fark önemsizdir ($p > 0,05$). Ayrıca, %2,5 oranında mısır yağı içeren örnek yağsız kontrol örnek ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli bir artış olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Yalnızca homojenizasyon

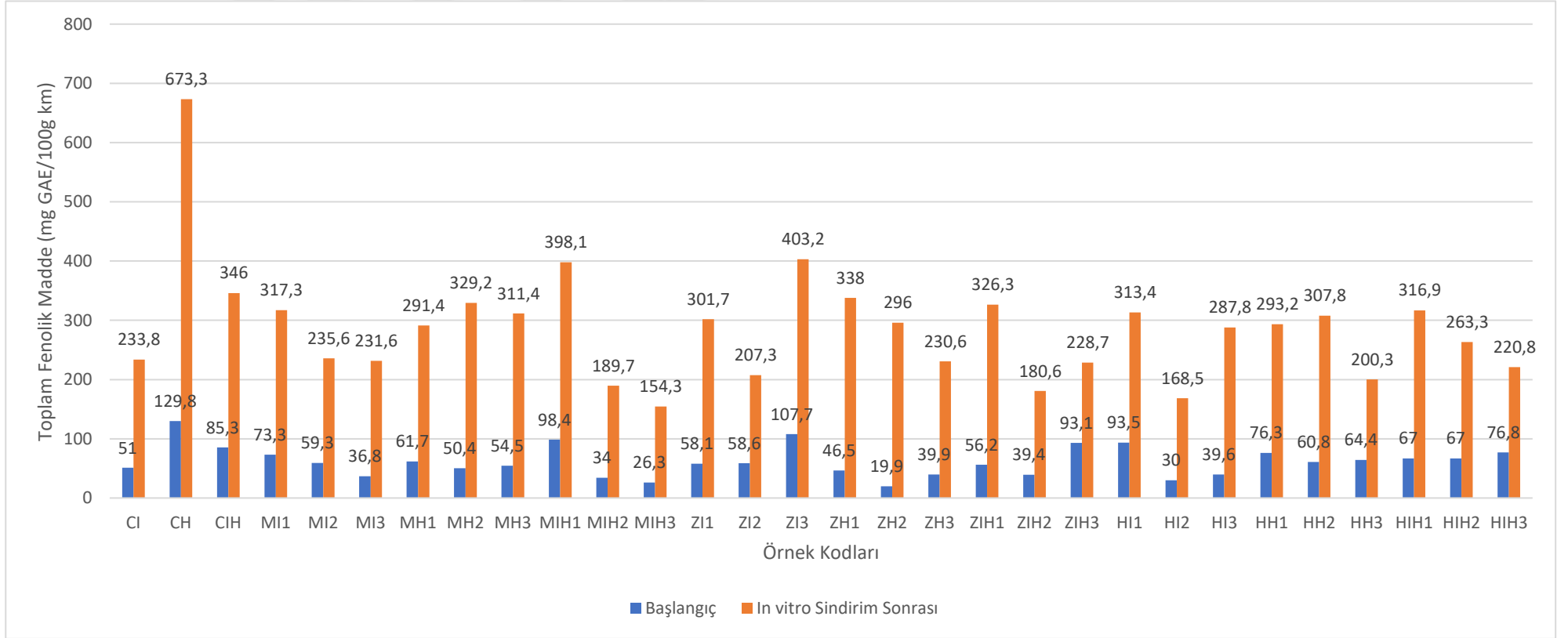
uygulanmış mısır yağı örnekler arasında, TFM biyoerişilebilirliği büyükten küçüğe sırasıyla %5 (MH2), %10 (MH3) ve %2,5 yağı (MH1) örnek olarak sıralanmıştır. Ancak 3 örneğin de arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0,05$). Örnekler yağsız kontrol örnekle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak TFM biyoerişilebilirliğinde önemli bir azalış tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Zeytinyağı eklenmiş örnekler arasından, *in vitro* sindirim sonrası en yüksek TFM yalnızca ısıtılmış uygulanmış %10 yağlı örnekte tespit edilmiştir ($403,2 \pm 4,1$ mg GAE/100 g km). Yalnızca ısıtılmış uygulanmış yağsız kontrol örnek ile karşılaştırıldığında, zeytinyağı eklenmesi TFM biyoerişilebilirliğini istatistiksel olarak önemli derecede artırmıştır ($p>0,05$). *In vitro* sindirim sonrası, yalnızca ısıtılmış uygulanmış zeytin yağı örnekler arasında %10 yağlı örnekte en yüksek miktar %2,5 yağlı örnekte tespit edilmiş ve kontrol örneğe kıyasla yine istatistiksel olarak önemli artış görülmüştür ($p<0,05$). %10 yağlı örnek ile %2,5 yağlı örnek arasında da istatistiksel olarak önemli fark bulunmuşken ($p<0,05$), %2,5 ve %10 yağlı örnekler arasındaki fark önemsizdir ($p>0,05$). Yalnızca homojenizasyon uygulanmış zeytin yağı örnekler arasında bakıldığında, %2,5 yağlı örnek en yüksek miktarda TFM içermektedir. Bu örnek, yalnızca homojenizasyon uygulanmış yağsız kontrol örnek ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli bir azalma olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Ek olarak, yalnızca homojenizasyon uygulanmış %2,5 zeytin yağı örneği %5 yağlı örnek takip etmektedir. Bu ikisi arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmazken ($p>0,05$), %10 yağlı örnek ile önemli fark bulunmaktadır ($p<0,05$). Hem homojenizasyon hem de ısıtılmış uygulanmış zeytin yağı örnekler arasından, en yüksek TFM %2,5 yağlı örnekte tespit edilmiş olup, kontrol örnekle arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Ancak %5 ve %10 yağlı örneklere kıyasla önemli fark vardır ($p<0,05$).

In vitro sindirim sonrası, hindistan cevizi yağı eklenmiş örnekler arasında en yüksek TFM %2,5 yağ eklenmiş ve homojenizasyon + ısıtılmış uygulanmış örnekte ($316,9 \pm 1,0$) tespit edilmekle birlikte ısıtılmış işlem ve homojenizasyon uygulanmış yağsız kontrol örnekle ($346,0 \pm 29,0$) kıyaslandığında istatistiksel olarak TFM biyoerişilebilirliğinde önemsiz azalma görülmektedir ($p>0,05$). Isıtılmış işlem ve homojenizasyonun birlikte uygulandığı örneklerde yağ oranı düştükçe TFM miktarında azalma görülmüştür. Bu azalma %2,5 ve %5 yağlı örnekler arasında önemsizken ($p>0,05$), %5 ve %10 yağlı örnekler arasında önemlidir ($p<0,05$).

Yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış Hindistan cevizi yağı örnekleri arasında %2,5 yağlı örneğin en yüksek TFM miktarına sahip olduğu saptanmıştır ($313,4 \pm 25,0$). Yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış yağsız kontrol örneğe ($233,8 \pm 6,6$) kıyasla istatistiksel olarak önemli bir artış görülmektedir ($p < 0,05$). %10 yağlı örnek ise %2,5 yağlı örneği takip etmekte ve bu ikisinin arasında istatistiksel olarak önemli fark saptanamamakta birlikte ($p > 0,05$), %5 yağlı örnek ile önemli fark saptanmıştır ($p < 0,05$). Yalnızca homojenizasyon uygulanmış Hindistan cevizi yağlı örneklerde %5 yağlı örnek en yüksek TFM miktarına sahiptir ($307,8 \pm 13,9$). Onu sırasıyla %2,5 yağlı örnek ($293,2 \pm 13,4$) ve %10 yağlı örnek ($200,3 \pm 2,6$) takip etmektedir. %2,5 ve %5 yağlı örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizken ($p > 0,05$), %10 yağlı örnekteki azalmanın önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). Yalnızca homojenizasyon uygulanmış yağsız kontrol örnekle karşılaştırıldığında Hindistan cevizi yağı ilavesinin TFM miktarında istatistiksel olarak önemli bir azalmaya neden olduğu görülmüştür. *In vitro* sindirim sonrası, yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış örnekler incelendiğinde, %10 oranında zeytinyağı içeren örneğin TFM biyoerişilebilirliğinin ($403,2 \pm 4,1$) kontrol örneğe ($233,8 \pm 6,6$) kıyasla en çok arttığı saptanmıştır ($p < 0,05$). Yalnızca homojenizasyon uygulanan örneklerin hepsinde kontrol örneğe ($673,3 \pm 21,5$) kıyasla TFM biyoerişilebilirliğinde azalma görülmüştür ($p < 0,05$). Her iki işlemin de birlikte uygulandığı örnekler arasında, TFM biyoerişilebilirliğinde kontrol örneğe ($346,0 \pm 29,0$) kıyasla artış sadece, %2,5 mısır yağı eklenmiş örnekte ($398,1 \pm 32,6$) gözlemlenmekle birlikte bu artış istatistiksel olarak önemsizdir ($p < 0,05$).

Şekil 4.1’de görülebileceği üzere, *in vitro* sindirim sonrası TFM miktarında istatistiksel olarak önemli artış gözlemlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalara göre, polifenollerin çoğunluğunun gastrik fazda salındığı görülmektedir. Örneğin, elma polifenolleri ile yapılan bir çalışmada fenolik ve flavonoid miktarının yaklaşık %65’i midede ve ek %10’u ince bağırsakta salındığı görülmüştür (Bouayed, Hoffmann ve Bohn, 2011). Mide fazında, peristaltik hareketler ve düşük pH ile birlikte sindirilen madde daha da ufak boyuta gelir. Ek olarak, düşük pH, ayrılmamış formdaki polifenollerin varlığını destekleyebilir ve azaltılmış iyonik etkileşimler nedeniyle matristen sulu faza geçişi/difüzyonu teşvik edebilir (Bohn, 2014). Acı biber polifenolleri ile yapılan bir çalışmada, biyolojik olarak erişilebilir polifenollerin *in vitro* sindirimden sonra yaklaşık %75’inin mevcut olduğu görülmüştür (Hervert-Hernández, Sáyago-Ayerdi ve Goñi, 2010)



Şekil 4. 1. *In vitro* sindirim öncesi ve sonrası toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişimler

Tablo 4. 2. *In vitro* sindirim sonrası toplam fenolik madde miktarları

Örnek Kodu	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100 g kuru madde)
CI	233,8 ± 6,6 ^{efghi}
CH	673,3 ± 21,5 ^a
CIH	346,0 ± 29,0 ^{bc}
MI1	317,3 ± 17,7 ^{cd}
MI2	235,6 ± 8,7 ^{efgh}
MI3	231,6 ± 6,7 ^{efghi}
MH1	291,4 ± 77,4 ^{cdef}
MH2	329,2 ± 20,1 ^{cd}
MH3	311,4 ± 25,5 ^{cd}
MIH1	398,1 ± 32,6 ^b
MIH2	189,7 ± 2,5 ^{hij}
MIH3	154,3 ± 6,9 ^j
ZI1	301,7 ± 22,7 ^{cd}
ZI2	207,3 ± 45,9 ^{ghij}
ZI3	403,2 ± 4,1 ^b
ZH1	338,0 ± 24,0 ^c
ZH2	296,0 ± 5,1 ^{cde}
ZH3	230,6 ± 0,7 ^{fghi}
ZIH1	326,3 ± 17,9 ^{cd}
ZIH2	180,6 ± 76,4 ^{hij}
ZIH3	228,7 ± 8,8 ^{fghi}
HI1	313,4 ± 25,0 ^{cd}
HI2	168,5 ± 48,0 ^{ij}
HI3	287,8 ± 0,6 ^{cdef}
HH1	293,2 ± 13,4 ^{cdef}
HH2	307,8 ± 13,9 ^{cd}
HH3	200,3 ± 2,6 ^{ghij}
HIH1	316,9 ± 1,0 ^{cd}
HIH2	263,3 ± 0,3 ^{defg}
HIH3	220,8 ± 1,5 ^{ghi}

± standart sapmayı temsil etmektedir. Her sütunda farklı harf taşıyan örnekler arasında istatistiksel olarak fark bulunmaktadır (p<0,05). CI: Yalnız ısıtım işlem uygulanmış yağsız püre, CH: Yalnız homojenizasyon uygulanmış yağsız püre, CIH: Isıtım işlem ve homojenizasyon uygulanmış yağsız püre, MI1: %2,5 mısır yağı eklenmiş ve ısıtım işlem uygulanmış püre, MI2: %5 mısır yağı eklenmiş ve ısıtım işlem uygulanmış püre, MI3: %10 mısır yağı eklenmiş ve ısıtım işlem uygulanmış püre, MH1: %2,5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MH2: %5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MH3: %10 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH1: %2,5 mısır yağı eklenmiş; ısıtım işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH2: %5 mısır yağı eklenmiş; ısıtım işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH3: %10 mısır yağı eklenmiş; ısıtım işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZI1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtım işlem uygulanmış püre, ZI2: %5

zeytinyağı eklenmiş ve ısıtma işlemi uygulanmış püre, ZI3: %10 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtma işlemi uygulanmış püre, ZH1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZH2: %5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZH3: %10 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH2: %5 zeytinyağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH3: %10 zeytinyağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre, HI1:%2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtma işlemi uygulanmış püre, HI2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtma işlemi uygulanmış püre, HI3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtma işlemi uygulanmış püre, HH1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HH2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HH3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HIH1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre, HIH2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre, HIH3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış püre.

4.3. Toplam Antioksidan Kapasitesi (CUPRAC, DPPH)

Yağlı ve yağsız balkabağı örneklerinin toplam antioksidan kapasiteleri CUPRAC ve DPPH metodlarıyla belirlenmiş olup, troloks cinsinden (TE) kuru madde olarak ifade edilmiştir. Antioksidan aktivitede CUPRAC ve DPPH yöntemi ile ilgili değişim Tablo 4.3'de gösterilmektedir.

CUPRAC metoduna göre yağsız kontrol örnekler arasında yalnızca homojenizasyon uygulanmış örneklerin antioksidan miktarı çoktan aza CH ($143,6 \pm 28,6$), CIH ($121,8 \pm 74,3$) ve CI ($43,8 \pm 6,1$) şeklindedir. CH ve CIH örneklerinin arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizken ($p > 0,05$), CI örneği ile aralarındaki farkın önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). DPPH yöntemi ile alınan sonuç da CUPRAC yöntemini desteklemektedir. Buna göre DPPH yönteminde elde edilen sonuçlar en yüksek CH ($65,6 \pm 17,7$ mg TE/ 100 g) olmak üzere, CIH ($54,4 \pm 15,2$ mg TE/ 100g) ve en düşük CI ($21,1 \pm 0,4$ mg TE/ 100g) şeklinde sıralanmıştır. CUPRAC metodu ile alınan sonuçlar genel olarak daha yüksek çıkmaktadır. CUPRAC metodunda kullanılan Cu(I)-Nc'nin, DPPH gibi belirli reaktifleri belirli bir dereceye kadar olumsuz etkileyen hava, güneş ışığı, nem ve pH gibi bir dizi parametreye nispeten duyarsızdır (Apak, Güçlü, Özyürek ve Çelik, 2008). CUPRAC metodunda alınan sonucun daha yüksek olması belki bu durumla açıklanabilir.

Yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış örneklerde, %2,5 oranında hindistan cevizi yağı ilavesiyle antioksidan kapasitesi CUPRAC metoduna göre 3,3 kat ve %2,5 oranında mısır yağı ilavesiyle 3 kat artış göstermiştir ($p < 0,05$). Diğer miktarlarda eklenen yağlar ile istatistiksel olarak önemli değişimler olmamıştır ($p > 0,05$). DPPH yöntemine göre ise %5 ve %10 zeytinyağı eklenmiş ve %10 mısır yağı eklenmiş örnekte sırasıyla 2,4 kat, 1,8 kat ve 2 kat istatistiksel olarak önemli artış saptanmıştır ($p < 0,05$). Diğer örneklerde de artış mevcuttur fakat istatistiksel olarak önemsizdir ($p > 0,05$).

Yalnızca homojenizasyon işlemi uygulanmış örnekler arasından tüm örneklerin CUPRAC metodu baz alındığında, antioksidan aktivitesinde düşüş meydana gelmiştir. %2,5 mısır yağı eklenmiş örnek dışında diğer tüm örneklerde düşüşler istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). DPPH metodu da CUPRAC metodu ile alınan sonuçları desteklemekle beraber yağ ilavesi ile birlikte homojenizasyon uygulanması tüm örneklerde 2,28 kat ile 1,54 kat arasında değişen istatistiksel olarak önemli bir düşüşe neden olmuştur.

Isıl işlem ve homojenizasyonun birlikte uygulandığı örneklerde %10 zeytinyağı eklenmiş örnekte CUPRAC metoduna göre antioksidan aktivitede %14 artış meydana gelmişken ($p>0,05$) %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş örnekte %4 artış meydana gelmiştir ($p>0,05$). Bu örnekler ve %2,5 zeytin yağı örnek dışında tüm örneklerde %73,15 ile %48,2 arasında istatistiksel olarak önemli azalmalar meydana gelmiştir ($p<0,05$). %2,5 zeytin yağı örnekteki azalma ise önemsizdir ($p<0,05$). DPPH yönteminde alınan sonuçlarda %2,5 mısır yağı eklenmiş örnekte %10,38 oranında artış meydana gelmiştir fakat istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0,05$). %2,5 ve %10 zeytinyağı eklenmiş örnek ile %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş örneklerde sırasıyla; %20,2, %4,2 ve %16,9 oranlarında azalma meydana gelmiştir fakat istatistiksel olarak önemsiz bulunmuşlardır ($p>0,05$). Kalan tüm örneklerde %56,6 ile %28,3 arasında istatistiksel olarak önemli azalmalar meydana gelmiştir.

CUPRAC metoduna göre mısır yağı örnekler arasında antioksidan aktivitesi en yüksek örnek yalnızca ısıl işlem uygulanmış %2,5 yağlı örnek olarak saptanmıştır ($131,1 \pm 16,4$). Yalnızca ısıl işlem uygulanmış kontrol örnek ile karşılaştırıldığında antioksidan aktivitede 3 kat artış olmuştur ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. DPPH metoduna göre ise ısıl işlem + homojenizasyon uygulanmış %2,5 yağlı örnek en yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir.

Zeytinyağı örnekler arasında her iki yöntemde de ısıl işlem+ homojenizasyon uygulanmış %10 yağlı örneğin en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu saptanmıştır. Ancak kontrol örneklerle karşılaştırıldıklarında her ikisindeki artış da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p<0,05$).

Hindistan cevizi yağı içeren örnekler incelendiğinde, CUPRAC metoduna göre en yüksek antioksidan aktivite %2,5 yağ içeren yalnızca ısıl işlem uygulanmış örnekte tespit edilmiştir. Kontrol örnekle karşılaştırıldığında 3,27 kat bir artış gözlemlenmiştir.

olup istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). DPPH metoduna bakıldığında ise ısıtma işlemi + homojenizasyon uygulanmış %5 yağlı örneğin en yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu görülmüştür ancak kontrol ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemsiz bir azalma saptanmıştır ($p<0,05$).

Tablo 4. 3. *In vitro* sindirim öncesi antioksidan aktivite değerleri

Örnek Kodu	CUPRAC (mg TE/ 100 g km)	DPPH (mg TE/ 100 g km)
CI	43,8 ± 6,1 ^{de}	21,1 ± 0,4 ^j
CH	143,6 ± 28,6 ^a	65,6 ± 17,7 ^a
CIH	121,8 ± 74,3 ^{abc}	54,4 ± 15,2 ^{abc}
MI1	131,1 ± 16,4 ^{ab}	32,5 ± 1,9 ^{efghij}
MI2	40,7 ± 3,0 ^{de}	35,0 ± 1,0 ^{efghij}
MI3	46,1 ± 16,5 ^{de}	33,8 ± 3,9 ^{efghij}
MH1	98,7 ± 3,5 ^{abcd}	34,5 ± 5,8 ^{efghij}
MH2	47,6 ± 2,0 ^{de}	39,1 ± 4,2 ^{defgh}
MH3	57,9 ± 1,2 ^{de}	39,2 ± 0,0 ^{defgh}
MIH1	63,1 ± 0,3 ^{de}	60,7 ± 11,5 ^{ab}
MIH2	48,9 ± 8,9 ^{de}	28,7 ± 1,0 ^{ghij}
MIH3	63,0 ± 0,1 ^{de}	23,6 ± 6,4 ^{ij}
ZI1	63,5 ± 2,3 ^{de}	28,1 ± 2,5 ^{hij}
ZI2	43,2 ± 2,2 ^{de}	36,5 ± 2,8 ^{efghi}
ZI3	79,5 ± 27,7 ^{bcde}	51,2 ± 5,3 ^{bcd}
ZH1	80,8 ± 0,8 ^{bcde}	30,8 ± 4,2 ^{efghij}
ZH2	53,2 ± 4,1 ^{de}	42,6 ± 2,2 ^{cdefg}
ZH3	47,4 ± 4,0 ^{de}	31,8 ± 0,1 ^{efghij}
ZIH1	72,2 ± 13,7 ^{cde}	43,4 ± 1,0 ^{cdef}
ZIH2	43,0 ± 9,2 ^{de}	33,1 ± 1,6 ^{efghij}
ZIH3	138,0 ± 7,7 ^a	52,1 ± 2,2 ^{bcd}
HI1	143,2 ± 87,0 ^a	27,6 ± 0,8 ^{hij}
HI2	34,6 ± 2,5 ^e	30,0 ± 2,1 ^{efghij}
HI3	56,3 ± 0,7 ^{de}	42,2 ± 3,4 ^{cdefg}
HH1	70,9 ± 9,7 ^{cde}	39,4 ± 2,6 ^{defgh}
HH2	71,2 ± 28,9 ^{cde}	39,8 ± 5,0 ^{defgh}
HH3	52,7 ± 4,1 ^{de}	28,8 ± 0,8 ^{ghij}
HIH1	127,8 ± 16,3 ^{ab}	39,0 ± 4,8 ^{defgh}
HIH2	42,4 ± 1,8 ^{de}	45,6 ± 0,7 ^{cde}
HIH3	32,7 ± 0,7 ^e	24,3 ± 7,7 ^{ij}

± standart sapmayı temsil etmektedir. Her sütunda farklı harf taşıyan örnekler arasında istatistiksel olarak fark bulunmaktadır ($p<0,05$). CI: Yalnız ısıtma işlemi uygulanmış yağsız püre, CH: Yalnız homojenizasyon uygulanmış yağsız püre, CIH: Isıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış yağsız püre, MI1: %2,5 mısır yağı eklenmiş ve ısıtma işlemi uygulanmış püre, MI2: %5 mısır yağı eklenmiş ve ısıtma işlemi uygulanmış püre, MI3: %10 mısır yağı eklenmiş

ve ısıt işlem uygulanmış püre, MH1: %2,5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MH2: %5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MH3: %10 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH1: %2,5 mısır yağı eklenmiş; ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH2: %5 mısır yağı eklenmiş; ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH3: %10 mısır yağı eklenmiş; ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZI1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıt işlem uygulanmış püre, ZI2: %5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıt işlem uygulanmış püre, ZI3: %10 zeytinyağı eklenmiş ve ısıt işlem uygulanmış püre, ZH1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZH2: %5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZH3: %10 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş; ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH2: %5 zeytinyağı eklenmiş; ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH3: %10 zeytinyağı eklenmiş; ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, HI1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıt işlem uygulanmış püre, HI2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıt işlem uygulanmış püre, HI3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıt işlem uygulanmış püre, HH1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HH2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HH3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HIH1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, HIH2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, HIH3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre.

CUPRAC ve DPPH yöntemine göre *in vitro* sindirim sonrası antioksidan aktivite değerleri çizelge 4.4'te, sindirim öncesi ve sonrası değişimi gösteren grafik ise şekil 4.2'de gösterilmiştir.

CUPRAC yöntemine göre kontrol örneklerde homojenizasyon uygulanmış yağsız örnek *in vitro* sindirim sonrası en yüksek değere sahip olmuştur ($286,0 \pm 27,3$ mg TE/100 g km). Onu $134,4 \pm 6,9$ mg TE/100 g km ile yalnızca ısıt işlem uygulanmış örnek ve son olarak $127,2 \pm 13,7$ mg TE/100 g km ile ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış örnek takip etmektedir. Ancak son 2 örnek arasında istatistiksel olarak bir fark yokken ($p > 0,05$), ilk örneklerle arasındaki fark önemlidir ($p < 0,05$). DPPH metoduna göre yine yalnızca homojenizasyon uygulanmış örnek en yüksek değere sahip olurken ($108,7 \pm 5,0$ mg TE/100 g km), onu ısıt işlem+ homojenizasyon uygulanmış örnek ($60,6 \pm 10,7$ mg TE/100 g km) ve yalnızca ısıt işlem uygulanmış örnek ($43,4 \pm 0,0$ mg TE/100 g km) takip etmiştir. Örnekler arasında istatistiksel olarak önemli fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

CUPRAC yöntemine göre yalnızca ısıt işlem uygulanmış örneklerde *in vitro* sindirim sonrası sadece, zeytinyağı içeren örneklerde biyoerişilebilirlikte önemli bir artış olmuştur. %5 zeytinyağı içeren örnek en yüksek değere sahip olmuştur $365,0 \pm 12,7$ mg TE/100 g km). Onu $313,8 \pm 60,7$ mg TE/100 g km ile %10 zeytin yağlı örnek takip etmektedir. %2,5 yağlı örnek ise $198,6 \pm 15,8$ mg TE/100 g km değerine sahiptir. İlk 2 örneğin kendi arasındaki farkı istatistiksel verilere göre önemsizken ($p > 0,05$), kontrol örneğe göre olan sırasıyla 2,7, 2,3 ve 1,48 kat biyoerişilebilirlik artışı istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). DPPH yöntemine göre ise kontrol örneğe ($43,4 \pm 0,0$ mg TE/100 g km) kıyasla sırasıyla %10 zeytinyağı örnek ($73,0$

$\pm 0,9$ mg TE/100 g km), %2,5 mısır yağı örnek ($68,6 \pm 16,3$ mg TE/100 g km) ve %2,5 zeytin yağı örnekte ($58,6 \pm 3,0$ mg TE/100 g km) istatistiksel olarak önemli artış gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Ek olarak, $32,4 \pm 2,2$ mg TE/100 g km ile %5 hindistan cevizi yağı örneğin biyoerişilebilirliğinde istatistiksel olarak önemli bir azalış gözlemlenmiştir ($p < 0,05$).

Yalnızca homojenizasyon uygulanmış örneklerde CUPRAC metoduna göre, sadece, %10 hindistan cevizi yağı örneğin biyoerişilebilirliğinde artış meydana gelmiştir ancak bu artış istatistiksel verilere göre önemsizdir ($p > 0,05$). Diğer örneklerde ise istatistiksel olarak önemli bir azalış meydana gelmiştir. DPPH yöntemine göre ise yalnızca homojenizasyon eklenmiş örneklerin içerdiği yağ farketmeksizin hepsinin biyoerişilebilirliğinde istatistiksel olarak önemli azalış saptanmıştır ($p < 0,05$).

Isıl işlem ve homojenizasyonun birlikte uygulandığı örneklerde, *in vitro* sindirim sonrası, CUPRAC metoduna göre kontrol örneğe ($60,6 \pm 10,7$ mg TE/100 g km) kıyasla %2,5 zeytin yağı örnek ($258,9 \pm 20,8$ mg TE/100 g km), %2,5 mısır yağı örnek ($248,4 \pm 29,9$ mg TE/100 g km), %2,5 hindistan cevizi yağı örnek ($234,3 \pm 39,1$ mg TE/100 g km) ve %10 zeytin yağı örnekte ($226,2 \pm 64,8$ mg TE/100 g km) istatistiksel olarak önemli artışlar gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). DPPH metoduna göre *in vitro* sindirim sonrası ısıl işlem ve homojenizasyon uygulanan örneklerde yalnızca 1 tanesinde önemli artış saptanmıştır. %2,5 hindistan cevizi yağı örnekte kontrol örneğe göre 1,48 kat artış ($p < 0,05$) gözlemlenmiştir.

CUPRAC ve DPPH metodlarının her ikisine göre mısır yağı örnekler arasında, *in vitro* sindirim sonrası en yüksek antioksidan aktivite ısıl işlem + homojenizasyon uygulanmış %2,5 yağı örnekte saptanmıştır. Kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında bu artış istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). DPPH yöntemine ısıl işlem + homojenizasyon uygulanmış %2,5 mısır yağı örneğin diğer mısır yağı örneklerine göre üstünlüğü istatistiksel olarak önemliyken ($p < 0,05$), CUPRAC yöntemine göre %2,5 ve %5 yağı yalnızca ısıl işlem uygulanmış örnekler ve %10 yağı sadece homojenizasyon uygulanmış örneklere kurduğu üstünlük önemsizdir ($p < 0,05$).

Zeytinyağı örnekler arasında *in vitro* sindirim sonrası en yüksek antioksidan aktivite değerine CUPRAC yöntemine yalnızca ısıl işlem uygulanmış %5 ve %10 yağı örneklerde, DPPH yöntemine göre ise yalnızca ısıl işlem uygulanmış %10 yağı örnek ve ısıl işlem + homojenizasyon uygulanmış %10 yağı örnekte ulaşılmıştır.

Örnekler kontrol örneklerine kıyasla istatistiksel olarak önemli artış göstermiştir ($p < 0,05$).

Hindistan cevizi yağlı örneklere bakıldığında, *in vitro* sindirim sonrası CUPRAC yöntemine %10 mısır yağı eklenmiş ve yalnızca homojenizasyon uygulanmış örnek ve DPPH yöntemine göre ısıtma işlemi + homojenizasyon uygulanmış %2,5 yağlı örneklerde yüksek antioksidan aktivite değeri elde edilmiştir. Ancak DPPH yöntemine göre yalnızca homojenizasyon uygulanmış %2,5 ve %5 yağlı örnekler ile ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış %5 yağlı örneklerin de istatistiksel olarak önemi yoktur ($p < 0,05$). Ayrıca, bu örneklerden yalnızca homojenizasyon uygulanmış %2,5 ve %5 yağlı örnekler kontrol örneğe kıyasla istatistiksel olarak önemli derecede azalış yaşamışlardır ($p < 0,05$)

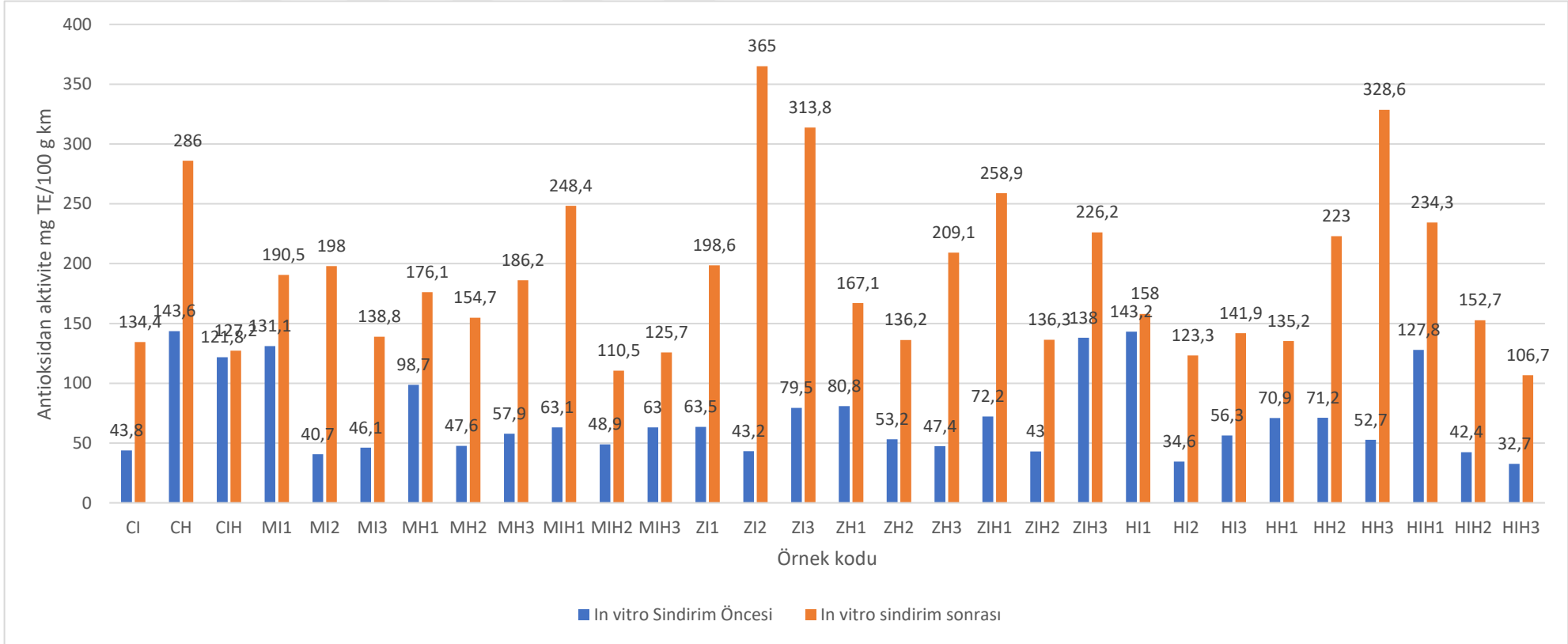
Tablo 4. 4. *In vitro* sindirim sonrası antioksidan aktivite değerleri

Örnek Kodu	CUPRAC (mg TE/ 100 g km)	DPPH (mg TE/ 100 g km)
CI	134,4 ± 6,9 ^{klmn}	43,4 ± 0,0 ^{jklmnop}
CH	286,0 ± 27,3 ^{bcd}	108,7 ± 5,0 ^a
CIH	127,2 ± 13,7 ^{lmn}	60,6 ± 10,7 ^{defg}
MI1	190,5 ± 6,3 ^{fg hijkl}	68,6 ± 16,3 ^{cd}
MI2	198,0 ± 6,4 ^{efghijk}	51,5 ± 1,8 ^{fg hijkl}
MI3	138,8 ± 2,2 ^{jklmn}	41,4 ± 8,9 ^k
MH1	176,1 ± 20,2 ^{ghijklm}	60,1 ± 5,8 ^{defg}
MH2	154,7 ± 1,9 ^{ijklmn}	55,7 ± 2,3 ^{efghij}
MH3	186,2 ± 9,1 ^{fg hijklm}	49,0 ± 3,7 ^{fg hijklm}
MIH1	248,4 ± 29,9 ^{def}	89,5 ± 2,5 ^b
MIH2	110,5 ± 4,7 ⁿ	33,4 ± 0,0 ^{prs}
MIH3	125,7 ± 43,1 ^{mn}	23,9 ± 0,9 ^s
ZI1	198,6 ± 15,8 ^{efghij}	58,6 ± 3,0 ^{defgh}
ZI2	365,0 ± 12,7 ^a	36,8 ± 0,5 ^{mnop}
ZI3	313,8 ± 60,7 ^{abc}	73,0 ± 0,9 ^c
ZH1	167,1 ± 4,5 ^{hijklmn}	48,2 ± 0,0 ^{ghijklmn}
ZH2	136,2 ± 19,1 ^{jklmn}	53,2 ± 10,9 ^{efghijk}
ZH3	209,1 ± 60,5 ^{efghi}	35,7 ± 2,0 ^{opr}
ZIH1	258,9 ± 20,8 ^{cde}	48,3 ± 0,2 ^{ghijklmn}
ZIH2	136,3 ± 24,3 ^{jklmn}	45,0 ± 6,2 ^{jklmnop}
ZIH3	226,2 ± 64,8 ^{efgh}	65,1 ± 1,6 ^{cde}
HI1	158,0 ± 19,4 ^{jklmn}	45,3 ± 0,9 ^{jklmnop}
HI2	123,3 ± 2,8 ^{mn}	32,4 ± 2,2 ^{rs}

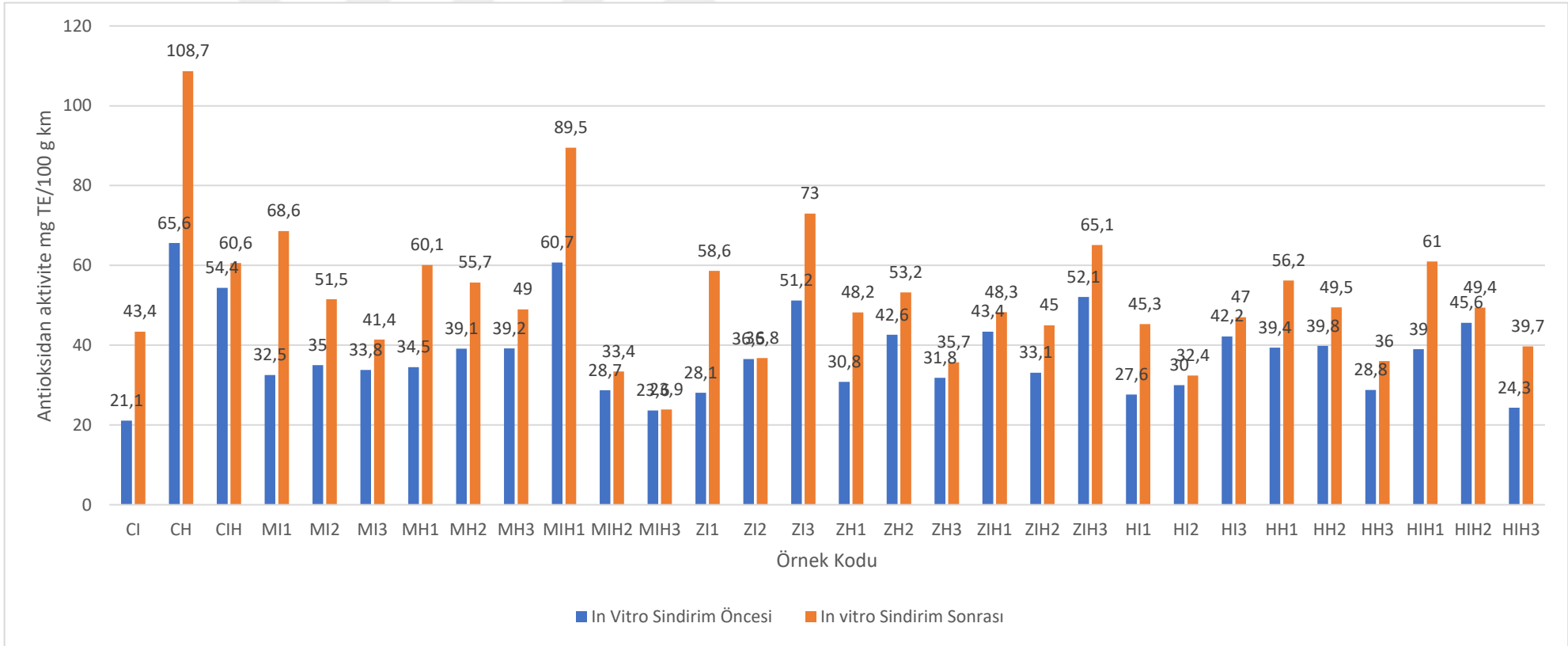
Tablo 4.4. *In vitro* sindirim sonrası antioksidan aktivite değerleri (Devam)

HI3	141,9 ± 0,9 ^{ijklmn}	47,0 ± 1,1 ^{hijklmno}
HH1	135,2 ± 26,6 ^{ijklmn}	56,2 ± 1,5 ^{efghi}
HH2	223,0 ± 3,8 ^{efgh}	49,5 ± 2,3 ^{fghijkl}
HH3	328,6 ± 18,3 ^{ab}	36,0 ± 2,9 ^{nopr}
HIH1	234,3 ± 39,1 ^{defg}	61,0 ± 7,6 ^{def}
HIH2	152,7 ± 7,8 ^{ijklmn}	49,4 ± 2,3 ^{fghijkl}
HIH3	106,7 ± 12,3 ⁿ	39,7 ± 3,0 ^{lmnopr}

± standart sapmayı temsil etmektedir. Her sütunda farklı harf taşıyan örnekler arasında istatistiksel olarak fark bulunmaktadır ($p < 0,05$). CI: Yalnız ısıl işlem uygulanmış yağsız püre, CH: Yalnız homojenizasyon uygulanmış yağsız püre, CIH: Isıl İşlem ve homojenizasyon uygulanmış yağsız püre, MI1: %2,5 mısır yağı eklenmiş ve ısıl işlem uygulanmış püre, MI2: %5 mısır yağı eklenmiş ve ısıl işlem uygulanmış püre, MI3: %10 mısır yağı eklenmiş ve ısıl işlem uygulanmış püre, MH1: %2,5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MH2: %5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MH3: %10 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH1: %2,5 mısır yağı eklenmiş; ısıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH2: %5 mısır yağı eklenmiş; ısıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH3: %10 mısır yağı eklenmiş; ısıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZI1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıl işlem uygulanmış püre, ZI2: %5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıl işlem uygulanmış püre, ZI3: %10 zeytinyağı eklenmiş ve ısıl işlem uygulanmış püre, ZH1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZH2: %5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZH3: %10 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş; ısıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH2: %5 zeytinyağı eklenmiş; ısıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH3: %10 zeytinyağı eklenmiş; ısıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, HI1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıl işlem uygulanmış püre, HI2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıl işlem uygulanmış püre, HI3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıl işlem uygulanmış püre, HH1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HH2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HH3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HIH1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, HIH2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, HIH3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıl işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre.



Şekil 4. 2. In vitro sindirim öncesi ve sonrası antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişimler (CUPRAC)



Şekil 4. 3. In vitro sindirim öncesi ve sonrası antioksidan aktivitesinde meydana gelen değişimler (DPPH)

4.4. Karotenoid Profili Analizi

Balkabağı örneklerinin karotenoid profilleri ile sindirim öncesi ve sonrası miktarları tablo 4.4 ve tablo 4.5'te gösterilmektedir. Çalışmada, balkabağı örneklerinde; β -karoten, α -karoten, β -kriptoksantin, 9-cis-antalsantin, violaksantin ve lutein tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında, örneklerde β -kriptoksantin başta olmak üzere β -karoten ve α -karoten daha yüksek miktarlarda olduğu bulunmuştur.

In vitro sindirim öncesi, örnekler karotenoid içeriği açısından değerlendirildiğinde, kontrol örnekler arasında homojenizasyon ve ısıtılmanın birlikte uygulandığı örneğin en yüksek β -karoten, α -karoten, β -kriptoksantin ve lutein miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir. β -kriptoksantin haricinde, bu örneği sırasıyla yalnızca homojenizasyon uygulanmış örnek ve yalnızca ısıtılma uygulanmış örnek takip etmiştir. β -kriptoksantin için bakıldığında ise ısıtılma uygulanmış örnekte, homojenize edilen örneğe göre daha fazla β -kriptoksantin olduğu tespit edilmiştir. Ancak istatistiksel olarak bakıldığında bu fark önem arz etmemektedir ($p < 0,05$). Violaksantin, en çok yalnızca homojenizasyon uygulanan örnekte tespit edilirken, 9-cis-antersantin en çok ısıtılma uygulanan örnekte tespit edilmiştir.

Literatürde yapılan bir çalışmada, ısıtılma ve sterilizasyon işlemleri sonucunda, lutein ve violaksantin oranında önemli azalmaların olduğu kaydedilmiştir. Dahası, sterilizasyon işleminden sonra violaksantin hiç tespit edilememiştir. Görülen bu kayıpların nedenini, bu karotenoidlerin instabilitesi olarak yorumlamışlardır. Bizim çalışmamızda da ısıtılma uygulanan örneklerde homojenizasyon uygulanan örneklere göre daha az karotenoid tespit edilmesinin nedeninin bu şekilde açıklanabileceği düşünülmektedir (Provesi, Dias ve Amante, 2011b).

Mısır yağı eklenmiş örnekler incelendiğinde, yalnızca homojenize edilmiş ve %5 oranında yağ eklenmiş örnekte β -karoten ve α -karoten açısından en yüksek değer elde edilmiştir. Lutein ve β -kriptoksantin için en yüksek miktar elde edilen örnek ısıtılma ve homojenizasyonun birlikte uygulandığı %2,5 oranında yağ eklenen örnek olurken, violaksantin için yalnızca homojenize edilmiş %10 oranında yağ eklenmiş örnek, 9-cis-antersantin için ise ısıtılma ve homojenizasyonun birlikte uygulandığı ve 10 oranında yağ eklenen örnek olmuştur.

Zeytinyağı eklenmiş örnekler arasında, Yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış %2,5 yağ eklenen örneğin β -kriptoksantin ve β -karoten açısından en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Yalnızca homojenizasyon uygulanan %5 yağlı örnek ise lutein ve 9-cis-anteraksantin açısından en yüksek değere sahip olmuştur. Ek olarak, Yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış % 5 yağlı örnek en yüksek violaksantine sahip olurken, Yalnızca homojenizasyon uygulanmış % 5 yağlı örnek de en yüksek 9-cis-anteraksantin değerine sahip olmuştur.

Hindistan cevizi yağı eklenmiş örnekler incelendiğinde, yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış ve %10 oranında yağ eklenmiş örnek β -karoten ve α -karoten açısından en yüksek değeri göstermiştir. Isıtma işlemi ve homojenizasyonun birlikte uygulandığı % 10 oranında yağ eklenen örnekte β -kriptoksantin en yüksek oranda tespit edilmiştir. Ek olarak, ve 9-cis-anteraksantin Isıtma işlemi ve homojenizasyonun birlikte uygulandığı %5 yağlı oranda en yüksek miktarda tespit edilmiştir. Ayrıca, lutein ve violaksantin karotenoidleri sırasıyla en fazla yalnızca homojenizasyon uygulanmış %2,5 yağlı örnek ve yalnızca homojenizasyon uygulanmış %10 yağlı örnekte tespit edilmiştir.

İncelemeler belirli karotenoidler içerisinde yapıldığında, en yüksek β -karoten ve α -karoten yalnızca homojenize edilmiş ve %5 oranında mısır yağı eklenmiş örnekte, en yüksek lutein ve 9-cis-anteraksantin yalnızca homojenize edilmiş %5 zeytinyağlı örnekte, en yüksek β -kriptoksantin , yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış ve %2,5 oranında zeytinyağ eklenmiş eklenmiş örnekte ve son olarak en yüksek violaksantin ise yağ eklenmemiş yalnızca homojenizasyon uygulanmış kontrol örnekte tespit edilmiştir.

Lutein karotenoidi için, örnekler uygulanan prosese göre kontrol örnekle karşılaştırıldığında, yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış örnekler arasında en çok artışı %2.5 zeytinyağlı örneğin gösterdiği tespit edilmiştir. Bu artış istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Yalnızca homojenizasyon uygulanmış örnekler arasında ise yağ eklenmesiyle birlikte örneklerin lutein miktarlarında %5 zeytinyağlı örnek haricinde düşüş görülmüştür. Buradaki artış ve düşüşler istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Her iki prosesinde birlikte uygulandığı örneklerde, hiçbir örnekte artış saptanmamıştır. %2,5 mısır yağlı örnek dışında diğer örneklerde saptanan düşüşler istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Bütün yöntemler arasında en yüksek lutein

miktarı $100,82 \pm 18,6 \mu\text{g}/100\text{g}$ ile yalnızca homojenizasyon uygulanmış %5 zeytinyağlı örnekte tespit edilmiştir.

Violaksantin karotenoidi için, yalnızca ısı işlem uygulanmış örnekler arasında en çok artışı %5 zeytinyağlı örneğin gösterdiği tespit edilmiştir. Bu artış istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Yalnızca homojenizasyon uygulanmış örnekler incelendiğinde ise, lutein ile benzer şekilde yağ eklenmesiyle birlikte örneklerde tespit edilen viloksantin miktarında düşüş görülmüştür. Buradaki düşüşler istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Her iki işlemin birlikte uygulandığı örneklerde ise %5 ve %10 hindistan cevizi yağlı örnekler ile %5 ve %10 zeytinyağlı örneklerde istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür ($p < 0,05$). %10 mısır yağlı örnekte ise istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir artış olmuştur. Bütün yöntemler arasında en yüksek violaksantin miktarı $74,11 \pm 21,6 \mu\text{g}/100\text{g}$ ile homojenize edilmiş yağsız örnekte tespit edilmiştir.

9-cis-anteraksantin karotenoidinde yalnızca ısı işlem uygulanmış örnekler arasında, sadece zeytinyağlı örneklerde anlamlı bir artış olmuştur ($p < 0,05$). Yalnızca homojenizasyon uygulanmış örneklerde, mısır yağlı olanların hepsinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir ($p < 0,05$). Ayrıca %2.5 hindistan cevizi yağlı örnekteki artış da istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$). Ancak, en yüksek artış %5 zeytinyağlı örnekte gözlemlenmiştir. Her iki işlemin birlikte uygulandığı örneklerde %10 mısır yağlı, zeytinyağlı ve hindistan cevizi yağlı örnekler; %5 zeytinyağlı ve hindistan cevizi yağlı örnekler ile %2,5 mısır yağlı örnek istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermiştir. Bütün yöntemler arasında en yüksek 9-cis-anteraksantin miktarı $70,72 \pm 4,76 \mu\text{g}/100\text{g}$ ile yalnızca homojenizasyon uygulanmış %5 zeytinyağlı örnekte tespit edilmiştir.

Genel olarak bakıldığında, birçok örnekte en çok tespit edilen karotenoidin β -kriptoksantin olduğu tespit edilmiştir. Ancak kendi içinde değerlendirildiğinde, kontrol örneğe kıyasla, yalnızca ısı işlem uygulanmış örneklerde, sadece %2,5 zeytinyağlı örnekte istatistiksel olarak anlamlı artış gözlemlenmiştir. Yalnızca homojenizasyon uygulanmış %2,5 hindistan cevizi yağlı örnek ile yüzde %2,5 zeytinyağlı örnek, β kriptoksantin karotenoidinde, bu proses için anlamlı artış gösteren örnekler olmuşlardır. ($p < 0,05$). Her iki işlemin birlikte uygulandığı örneklerde ise sadece %2,5 mısır yağlı örnekte anlamlı artış tespit edilmiştir.

($p < 0,05$). Bütün yöntemler arasında en yüksek β -kriptoksantin miktarı $28,52 \pm 2,19$ $\mu\text{g}/100\text{g}$ ile yalnızca ısıtıl işlem uygulanmış %2,5 zeytinyağlı örnekte tespit edilmiştir.

α -karoten için bakıldığında, yalnızca ısıtıl işlem uygulanmış örnekler arasında, kontrol örneğe kıyasla en fazla artış %2,5 mısır yağı eklemiş örnekte tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Onu takiben, %10 hindistan cevizi yağı örneği yine anlamlı bir artış göstermiştir ($p < 0,05$). Ek olarak, %5 mısır yağı ve hindistan cevizi yağı örneklerde azalma görülmesine rağmen bu azalmalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p < 0,05$). Yalnızca homojenize edilmiş örneklere bakıldığında, zeytinyağı ve hindistan cevizi yağı örneklerde anlamlı bir değişiklik söz konusu değildir. Bununla birlikte, %10 zeytinyağı ve %2,5 hindistan cevizi yağı örneklerinde ciddi bir azalma gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Öte yandan, %5 mısır yağı örnekte, kontrol örneğine kıyasla %13 oranında bir artış meydana gelmiştir ($p < 0,05$). Homojenizasyon ve ısıtıl işleminin de birlikte uygulandığı örnekler incelendiğinde %2,5 mısır yağı örnekte ciddi bir artış söz konusudur. Diğer örnekler bakıldığında herhangi bir artış söz konusu olmamakla birlikte tüm örneklerde anlamlı bir düşüş bulunmaktadır. Bütün yöntemler arasında en yüksek alfa karoten miktarı $1202,38 \pm 217,86$ $\mu\text{g}/100\text{g}$ ile yalnızca homojenizasyon uygulanmış %5 mısır yağı örnekte tespit edilmiştir.

β -karoten bileşiği incelendiğinde yalnızca ısıtıl işlem uygulanmış örnekler arasında, en çok artış yalnızca ısıtıl işlem uygulanmış %10 hindistan cevizi yağı örnekte gözlemlenmiş olmakla birlikte sırasıyla yalnızca ısıtıl işlem uygulanmış %2,5 zeytinyağı, %10 zeytinyağı ve %10 mısır yağı örneklerde de anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Öte yandan yalnızca ısıtıl işlem uygulanmış %5 mısır yağı, %5 hindistan cevizi yağı ve %5 zeytinyağı örneklerde anlamlı bir düşüş yaşanmıştır. Yalnızca homojenize edilmiş örnekler arasında %5 mısır yağı örneği anlamlı bir artış göstermiş ancak diğer örneklerde önemli bir artış gözlemlenmemiştir. Bununla birlikte %5 zeytinyağı, %10 zeytinyağı, %5 hindistan cevizi yağı ve %2,5 mısır yağı örnekler önemli bir düşüş göstermiştir. Her iki işlemin birlikte uygulandığı yöntemde ise %2,5 mısır yağı örnekte ciddi bir artış söz konusu olmuştur. %2,5 ve %10 hindistan cevizi yağı örneklerde de artış görülmekle birlikte bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir. Öte yandan %5 ve %10 mısır yağı örneklerde, %2,5, %5, %10 zeytinyağı örneklerde ve %5 hindistan cevizi yağı örneklerde azalma tespit edilmiştir.

In vitro sindirim sonrası karotenoidler değerlendirildiğinde, lutein karoteini için , yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış örneklerde %10 mısır yağı, %5 hindistan cevizi yağı örnekler ile zeytinyağı örneklerin hepsinde kontrol örneğe kıyasla anlamlı bir artış görülmektedir. Ancak diğer örnekler için görülen değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p < 0,05$). Yalnızca homojenize edilmiş örnekler bakıldığında, *in vitro* sindirim öncesi oluşan durumla benzer şekilde hiç artış görülmemiş, ancak azalış görülmüştür. Öte yandan her iki işlemin de uygulandığı örneklerde de %5 ve %10 zeytinyağı örnekler ile %2,5 hindistan cevizi yağı örnekte kontrol örneğe kıyasla artış görülmüştür.

Katı ve sıvı yağların, sebzelerdeki karotenoidlerin ve E vitamininin biyoerişilebilirliği üzerindeki etkilerini simüle edilmiş sindirim yoluyla değerlendirilen bir çalışmada, sindirime uzun zincirli triaçilgliserollerin eklenmesinin, karotenin biyoerişilebilirliğini artırırken, lutein ve tokoferolününü artırmadığı tespit edilmiştir. Triaçilgliserollerin, β -karoten'i yağ fazında çözerek ve dağıtarak çözünürlüğünü artırdığı belirtilmiştir. Öte yandan, bitkide hem luteinin hem de tokoferolün büyük bir kısmının triaçilgliserollerin yokluğunda çözündüğü, triaçilgliserollerin etkisinin ise çözünmeyi artırabilenler bile ihmal edilebilir düzeyde olabileceği tahmin edilmiştir. Ek olarak, triaçilgliserollerin lutein üzerinde bir etkisinin olmaması, ksantofillerin katı ve sıvı yağlardaki çözünürlüğünün β -karotene göre daha düşük olmasından da kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir (Nagao, Kotake-Nara ve Hase, 2013).

Violaksantin karotenoidi için yapılan tüm prosedürler kendi kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış %2,5 hindistan cevizi yağı örnek anlamlı artış tespit edilen tek örnektir ($p < 0,05$). Diğer tüm örneklerde oluşan değişimler anlamsızdır ($p < 0,05$). Tüm örnekler arasında en yüksek violaksantin miktarı yalnızca homojenize edilmiş yağsız kontrol örnekte tespit edilmiştir.

Violaksantin karotenoidinin, çalışmada değerlendirilen diğer karotenoidlere göre stabilitesi daha düşüktür. Hidrotermal pişirmenin diyet karotenoidlerinin davranışı üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, violaksantin'in hidrotermal pişirme ve *in vitro* sindirim sırasında tamamen kaybolduğunu rapor etmişlerdir (Courraud, Berger, Cristol ve Avallone, 2013). Çalışmamızda da *in vitro* sindirim

sonrası violaksantin biyoerişilebilirliğinde net bir artış elde edilememesinin nedeni olarak violaksantin instabilitesi olabileceği düşünülmektedir.

In vitro sindirim sonrası, 9-cis-anteraksantin karotenoidine bakıldığında, ısıtma işlemi uygulanmış örneklerde, biyoerişilebilirlik bakımından daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Öyle ki yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış örneklerde, mısır yağı örneklerinin hepsinde biyoerişilebilirliğin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, %10 zeytinyağlı ve %2,5 hindistan cevizi yağı örneklerinde de önemli artışlar tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Yalnızca homojenizasyon uygulanan ve 2 işlemin de birlikte uygulandığı örneklerin ise hiçbirinde anlamlı bir artış gözlemlenmemiştir ($p < 0,05$). Tüm örnekler arasında en yüksek 9-cis-anteraksantin miktarı yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış %2,5 ve %10 mısır yağı örneklerinde tespit edilmiştir.

B-kriptoksantin karotenoidi için, ısıtma işlemi uygulaması sonucu, yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış %10 hindistan cevizi yağı örneklerinde artış gözlemlenen tek örnek olmuştur. Homojenizasyon işlemi sonucunda ise sadece %5 zeytinyağlı örnekte bir artış gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). İki işlemin birlikte uygulandığı örnekler incelendiğinde; yalnızca, %10 zeytinyağlı örnekte anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Tüm örnekler arasında en yüksek β -kriptoksantin miktarı ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış %10 zeytinyağlı örnekte tespit edilmiştir.

Isıtma işlemi sonucu diğer karotenoidlerde olumlu sonuç alınmamasına karşın, alfa karoten için ısıtma işlemi sonucu bazı örneklerde ciddi miktarda artışlar tespit edilmiştir. Örneğin, yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış %2,5 zeytinyağ ve hindistan cevizi yağı içeriğine sahip örneklerin biyoerişilebilirliklerinde ciddi bir artış olduğunu söylemek mümkündür. Ancak, yalnızca homojenizasyon işleminin uygulandığı örneklerde sadece %5 zeytinyağlı örneğin biyoerişilebilirliğinde artış olduğu görülmüştür. Öte yandan, her iki işlemin uygulandığı örneklerde, %10 mısır yağı ve %5 hindistan cevizi yağı örneklerinin biyoerişilebilirliğinde yine belirgin bir artış tespit edilmiştir. Tüm örnekler arasında en yüksek alfa karoten miktarı ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış %5 mısır yağı örnekte tespit edilmiştir.

In vitro sindirim sonrası, β -karoten biyoerişilebilirliği incelendiğinde, kontrol örnekle kıyasla, biyoerişilebilirliği en çok artan örnek %1 hindistan cevizi yağı içeren homojenizasyon ve ısıtma işlemine tabi tutulmuş olan örnek olmuştur. β -karoten

biyoerişilebilirliği yaklaşık 3 kat artmış ve tüm örnekler arasında en yüksek β - karoten ($392.23 \pm 43,79 \mu\text{g}/100 \text{ gr}$) bu örnekte tespit edilmiştir. Ek olarak, diğer yüksek β karoten miktarları yalnızca ısıtılmış işlem uygulanmış yağsız kontrol örnek ($264,58 \pm 17,01 \mu\text{g}/100 \text{ gr}$) ile yalnızca homojenizasyon uygulanmış yağsız kontrol örneklerde ($339,5 \pm 21,82 \mu\text{g}/100 \text{ gr}$) tespit edilmiştir. Öte yandan, diğer örneklerde β -karoten biyoerişilebilirliğinde bir düşüş söz konusudur.

Hornero-Méndez ve Mínguez-Mosquera (2007) havuca ısıtılmış işlem uygulamış, zeytinyağ eklemiş ve sonucunda karotenoidlerin biyoerişilebilirliğini araştırmıştır. Isıtılmış işlemin karotenoid içeriği üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu tespit etmelerine rağmen karotenlerin miselleşmesi dolayısıyla biyoerişilebilirlikleri üzerinde olumlu bir etkisi olduğu bulunmuştur. Sindirime aktarılan karotenler, çiğ havuçta %29 oranında misellarize edilirken, bu oran pişmiş havuçta %52 olarak bulunmuştur. Pişirme sırasında ve *in vitro* sindirim modelinin uygulanmasından önce havuç örneklerine zeytinyağı eklenmesinin, karotenlerin salınımı üzerinde belirgin bir pozitif etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ek olarak, pişirme sırasında zeytinyağının dahil edilmesi, doza bağlı bir şekilde karotenoid ekstraksiyonu ve misellarizasyonu arttırmıştır. Pişirme işleminden β -karoten ve α -karoten benzer şekilde etkilenmesine rağmen, örneklere zeytinyağı eklendiğinde α -karoten misellere daha verimli bir şekilde dahil olmuştur. Sonuç olarak, ısıtılmış işlem ve yağ eklenmesinin havuç karotenoidlerinin biyoerişilebilirliği üzerinde olumlu etkisi olduğu ortaya konmuştur. Liu ve diğerleri (2019) yağ veya emülsiyon ile birleştirilmiş yüksek basınçlı homojenizasyonun karotenoid tutma ve biyoerişilebilirlik üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuçta, homojenizasyon işleminin karotenoid biyoerişilebilirliğini olumsuz etkilediği ancak yağ veya emülsiyon ilavesinin tam tersi şekilde pozitif etkileri olduğu tespit edilmiştir. Brown ve diğerleri (2004) yağların karotenoid biyoyararlılığı üzerine etkilerini bir *in vivo* çalışma ile araştırmışlardır. Deneklerin ($n = 7$) her biri, ıspanak, marul, çeri domates ve havuçtan oluşan, yağ içermeyen salata sosu ilave edilmiş, ya da 0,6 g veya 28 g kanola yağı içeren salata sosları ilave edilen salataları tüketmişlerdir. Sonuçta, yağsız salata soslu salatalar tüketildiğinde karotenoid emilimi gözlenmemişken, salatalar tam yağlı olarak tüketildiğinde, yağı azaltılmış salata sosuna göre önemli ölçüde daha fazla karotenoid emilimi gözlemlenmiştir.

Literatür incelendiğinde, ısıtma işlemi ve yağ eklenmesinin, β-karoten üzerinde çoğunlukla olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmaların çoğunda, yağ ikamesi ısıtma işlemi sırasında yapılmıştır. Çalışmamızda, yağ ikamesinin işlemlerden sonra yapılması ve uygulanan ısıtma işleminin derecesinin yüksek olmasına rağmen kısa süreli tutulmasının, aynı etkiyi elde edememize neden olmuş olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 4. 5. *In vitro* sindirim öncesi karotenoid miktarları

	LUTEİN (µg/100 gr)	VIOLAKSANTİN (µg/100 gr)	9-CIS- ANTERAKSANTİN (µg/100 gr)	B- KRİPTOKSANTİN (mg/100 gr)	ALFA- KAROTEN (µg/100 gr)	B- KAROTE N (µg/100 gr)
ICI	7,05 ± 1,3 ^f	9,43 ± 1,74 ^{ef}	6,93 ± 0,47 ^{ef}	9,32 ± 0,32 ^{cd}	34,85 ± 3,44 ^{fg}	33,36 ± 4,29 ^{gh}
ICH	91,9 ± 16,95 ^a	74,11 ± 21,6 ^a	1,31 ± 0,09 ^{gh}	7,42 ± 0,26 ^{de}	158,21 ± 15,61 ^{de}	121,6 ± 15,63 ^{bc}
ICIH	97,79 ± 21,91 ^a	6,11 ± 1,13 ^{fg}	3,09 ± 0,21 ^{gh}	11,22 ± 0,39 ^{cd}	313,32 ± 30,91 ^{de}	128,83 ± 16,56 ^{bc}
IMI1	14,03 ± 2,59 ^{de}	4,37 ± 0,81 ^{fg}	8,11 ± 0,55 ^{ef}	6,61 ± 0,23 ^{de}	1117,14 ± 191,13 ^{ab}	43,17 ± 5,55 ^{fg}
IMI2	4 ± 0,74 ^f	4,11 ± 0,76 ^{fg}	5,91 ± 0,4 ^{ef}	0,47 ± 0,02 ^g	19,29 ± 1,9 ^{hi}	13,42 ± 1,73 ^{hi}
IMI3	12,95 ± 2,39 ^{ef}	10,93 ± 2,02 ^{ef}	13,05 ± 0,88 ^{de}	6,14 ± 0,21 ^{de}	161,33 ± 15,92 ^{de}	88,07 ± 11,32 ^{de}
IMH1	8,65 ± 1,6 ^f	5,67 ± 1,05 ^{fg}	10,39 ± 0,7 ^{ef}	3,31 ± 0,11 ^{ef}	48,14 ± 4,75 ^{fg}	60,09 ± 7,73 ^{def}
IMH2	35,27 ± 6,51 ^{bc}	13,03 ± 2,4 ^{ef}	16,47 ± 1,11 ^{de}	11,34 ± 0,39 ^{cd}	1202,38 ± 2172,86 ^a	276,57 ± 35,56 ^a
IMH3	25,76 ± 4,75 ^{cd}	5,63 ± 1,04 ^{fg}	8,48 ± 0,57 ^{ef}	11,25 ± 0,39 ^{cd}	224,07 ± 22,11 ^{de}	126,13 ± 16,22 ^{bc}
IMIH 1	51,6 ± 9,52 ^{ab}	2,18 ± 0,4 ^{fg}	7,8 ± 0,53 ^{ef}	23,78 ± 1,06 ^{ab}	999,13 ± 146,43 ^{bc}	165,09 ± 136,93 ^{bc}
IMIH 2	1,86 ± 0,34 ^{fg}	3,76 ± 0,69 ^{fg}	2,3 ± 0,15 ^{gh}	16,12 ± 0,56 ^{bc}	14,42 ± 1,42 ^{hi}	24,98 ± 3,21 ^{gh}
IMIH 3	4,54 ± 0,84 ^{fg}	10,5 ± 1,94 ^{ef}	48,42 ± 3,26 ^b	14,49 ± 0,5 ^{bc}	61,04 ± 6,02 ^{efg}	55,09 ± 7,08 ^{def}
IZI1	50,5 ± 22,78 ^{ab}	32,63 ± 6,02 ^d	27,24 ± 1,83 ^{bcd}	28,52 ± 2,19 ^a	179,4 ± 17,7 ^{de}	116,11 ± 14,93 ^{hi}
IZI2	25,22 ± 4,65 ^{cd}	65,4 ± 12,06 ^a	21,56 ± 1,45 ^{cd}	11,34 ± 0,39 ^{cd}	79,52 ± 7,85 ^{efg}	11,61 ± 1,49 ^{hi}
IZI3	38,96 ± 7,19 ^{bc}	4,61 ± 0,85 ^{fg}	30,96 ± 2,08 ^{bc}	2,77 ± 0,1 ^{efg}	219,8 ± 21,69 ^{de}	99,68 ± 12,82 ^{cd}
IZH1	40,8 ± 7,53 ^{bc}	5,1 ± 0,94 ^{fg}	1,4 ± 0,09 ^{gh}	14,36 ± 0,5 ^{bc}	19,08 ± 1,88 ^{hi}	32,36 ± 4,16 ^{gh}
IZH2	100,82 ± 18,6 ^a	48,08 ± 8,87 ^{bc}	70,72 ± 4,76 ^a	1,62 ± 0,06 ^{fg}	158,35 ± 15,62 ^{de}	97,19 ± 12,5 ^{cd}
IZH3	3,13 ± 0,58 ^{fg}	0,06 ± 0,01 ^h	1,33 ± 0,09 ^{gh}	2,63 ± 0,09 ^{efg}	6,54 ± 0,65 ^{hi}	6,54 ± 0,84 ^{ij}
IZIH1	3,12 ± 0,57 ^{fg}	6,89 ± 1,27 ^{fg}	4,43 ± 0,3 ^{efg}	2,71 ± 0,09 ^{efg}	58,11 ± 5,73 ^{efg}	23,32 ± 3 ^{gh}
IZIH2	2,37 ± 0,44 ^{fg}	21,58 ± 3,98 ^{de}	22,37 ± 1,51 ^{cd}	1,86 ± 0,06 ^{fg}	17,08 ± 1,69 ^{hi}	13,28 ± 1,71 ^{hi}
IZIH3	23,95 ± 4,42 ^{cd}	23,16 ± 4,27 ^{de}	31,68 ± 2,13 ^{bc}	15,52 ± 0,54 ^{bc}	183,05 ± 18,06 ^{de}	14,7 ± 1,89 ^{hi}

Tablo 4.5. *In vitro* sindirim öncesi karotenoid miktarları (devam)

IHI1	9,79 ± 1,81 ^f	0,73 ± 0,14 ^h	0,72 ± 0,05 ^h	10,53 ± 0,36 ^{cd}	85,23 ± 8,41 ^{efg}	40,15 ± 5,16 ^{fg}
IHI2	2,69 ± 0,5 ^{fg}	8,54 ± 1,58 ^{ef}	8,91 ± 0,6 ^{ef}	0,55 ± 0,02 ^e	30,25 ± 2,98 ^{fgh}	24,37 ± 3,13 ^{gh}
IHI3	39,69 ± 7,32 ^{bc}	13,25 ± 2,44 ^{ef}	4,53 ± 0,31 ^{efg}	6,82 ± 0,24 ^{de}	878,59 ± 149,8 ^{bc}	217,54 ± 27,97 ^{ab}
IHH1	57,57 ± 10,62 ^{ab}	15,47 ± 2,85 ^{def}	15,99 ± 1,08 ^{de}	14,56 ± 0,5 ^{bc}	9,46 ± 0,93 ^{hi}	26,3 ± 3,38 ^{gh}
IHH2	2,22 ± 0,41 ^{fg}	2,47 ± 0,46 ^{gh}	2,08 ± 0,14 ^{gh}	0,23 ± 0,01 ^e	13,07 ± 1,29 ^{hi}	4,2 ± 0,54 ^{ij}
IHH3	35,3 ± 6,5 ^{cd}	52,43 ± 19,82 ^{ab}	6,92 ± 0,47 ^{ef}	4,71 ± 0,16 ^{ef}	142,08 ± 14,02 ^{def}	114,83 ± 14,76 ^{cd}
IHIH1	25,42 ± 4,69 ^{cd}	7,41 ± 1,37 ^{ef}	1,9 ± 0,13 ^{gh}	3,25 ± 0,11 ^{ef}	109,87 ± 10,84 ^{def}	137,57 ± 17,69 ^{bc}
IHIH2	19,64 ± 3,62 ^{de}	27,02 ± 4,98 ^{de}	37,88 ± 2,55 ^b	10,47 ± 0,36 ^{cd}	106,28 ± 10,49 ^{def}	50,36 ± 6,48 ^{fg}
IHIH3	24,29 ± 4,48 ^{cd}	20,78 ± 3,83 ^{de}	23,4 ± 1,58 ^{cd}	13,34 ± 0,46 ^{bc}	132,9 ± 13,11 ^{def}	111,85 ± 14,38 ^{cd}

± standart sapmayı temsil etmektedir. Her sütunda farklı harf taşıyan örnekler arasında istatistiksel olarak fark bulunmaktadır ($p < 0,05$). CI: Yalnız ısıtılmış uygulanmış yağsız püre, CH: Yalnız homojenizasyon uygulanmış yağsız püre, CIH: Isıl İşlem ve homojenizasyon uygulanmış yağsız püre, MI1: %2,5 mısır yağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, MI2: %5 mısır yağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, MI3: %10 mısır yağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, MH1: %2,5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MH2: %5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MH3: %10 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH1: %2,5 mısır yağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH2: %5 mısır yağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH3: %10 mısır yağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZI1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, ZI2: %5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, ZI3: %10 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, ZH1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZH2: %5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZH3: %10 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH2: %5 zeytinyağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH3: %10 zeytinyağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre, HI1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, HI2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, HI3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtılmış uygulanmış püre, HH1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HH2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HH3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HHI1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre, HHI2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre, HHI3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış püre.

Tablo 4.6. *In vitro* sindirim sonrası karotenoid miktarları

	LUTEİN (µg/100 gr)	VIOLAKSANTİN (µg/100 gr)	9-CIS- ANTERAKSANTİN (µg/100 gr)	B-KRIPTOKSANTİN (mg/ 100 gr)	ALFA- KAROTEN (µg/100 gr)	B- KAROTEN (µg/100 gr)
BCI	14,64 ± 2,82 ^{cd}	66,85 ± 12,33 ^{ab}	0,61 ± 0,04 ^{fg}	1,88 ± 0,06 ^{de}	125,93 ± 12,43 ^f	264,58 ± 17,01 ^b
BCH	102,73 ± 18,95 ^a	71,73 ± 13,23 ^{ab}	32,07 ± 2,16 ^{bc}	7,35 ± 0,25 ^{cd}	725,15 ± 71,55 ^c	339,5 ± 21,82 ^{ab}
BCIH	11,03 ± 2,03 ^{cd}	50,58 ± 9,33 ^{bc}	57,26 ± 5,2 ^{ab}	1,99 ± 0,07 ^{de}	557,08 ± 3,06 ^d	137,02 ± 8,81 ^{cd}
BMI1	15,68 ± 2,89 ^{cd}	6,09 ± 1,12 ^{de}	61,3 ± 4,13 ^a	TE	22,63 ± 2,23 ^h	11,53 ± 0,74 ^{gh}
BMI2	11,58 ± 2,14 ^{cd}	13,95 ± 2,57 ^{de}	34,39 ± 2,32 ^{bc}	12,29 ± 0,42 ^{bc}	81,43 ± 8,03 ^{gh}	71,3 ± 4,58 ^{de}
BMI3	22,1 ± 4,08 ^{cd}	1,74 ± 0,32 ^{fg}	61,64 ± 4,15 ^a	1,44 ± 0,05 ^{de}	92,24 ± 9,1 ^{gh}	180,15 ± 11,58 ^c
BMH1	15,25 ± 2,81 ^{cd}	6,99 ± 1,29 ^{de}	10,37 ± 0,7 ^{efg}	2,32 ± 0,08 ^{de}	551,82 ± 54,45 ^d	3,49 ± 0,22 ⁱ

Tablo 4.6. *In vitro* sindirim sonrası karotenoid miktarları (devam)

BMH2	4,03± 0,74 ^{de}	6,48± 1,19 ^{de}	0,74± 0,05 ^{fg}	0,34± 0,01 ^{de}	325,47± 32,11 ^e	38,48± 2,47 ^{fg}
BMH3	8,33± 1,54 ^{de}	28,72± 5,3 ^{cd}	1,88± 0,13 ^{fg}	3,88± 0,13 ^{de}	82,88± 8,18 ^{gh}	31,44± 2,02 ^{fg}
BMIH 1	19,99± 3,69 ^{cd}	12,47± 2,3 ^{de}	44,98± 3,03 ^{bc}	0,95± 0,03 ^{de}	35,65± 3,52 ^h	19,54± 1,26 ^{gh}
BMIH 2	13,47± 2,48 ^{cde}	6,78± 1,25 ^{de}	58,04± 3,91 ^{ab}	TE	576,49± 56,88 ^d	50,6± 3,25 ^f
BMIH 3	23,21± 4,28 ^{cd}	18,44± 3,4 ^{cde}	18,3± 1,23 ^{ef}	6,43± 0,22 ^{cd}	3899,7± 94,49 ^a	162,87± 10,47 ^{cd}
BZI1	21,82± 4,03 ^{cd}	58± 10,7 ^{bc}	3,02± 0,2 ^{efg}	2,51± 0,09 ^{de}	605,51± 59,74 ^{cd}	13,6± 0,87 ^{gh}
BZI2	23,06± 4,25 ^{cd}	57,1± 10,53 ^{bc}	11,89± 0,8 ^{efg}	1,07± 0,04 ^{de}	23,06± 2,28 ^h	41,06± 2,64 ^{fg}
BZI3	35,34± 6,52 ^{bc}	51,12± 9,43 ^{bc}	30,14± 2,03 ^{bcd}	2,35± 0,08 ^{de}	95,05± 9,38 ^{gh}	18,75± 1,21 ^{gh}
BZH1	11,65± 2,15 ^{cde}	6,66± 1,23 ^{de}	14,6± 0,98 ^{ef}	0,93± 0,03 ^{de}	58,63± 5,78 ^h	28,11± 1,81 ^{fg}
BZH2	20,39± 3,76 ^{cd}	37,54± 6,92 ^{cd}	10,75± 0,72 ^{efg}	16,68± 0,58 ^b	1004,16± 99,08 ^b	93,32± 6 ^{de}
BZH3	12,74± 2,35 ^{cde}	1,69± 0,31 ^{fg}	37,59± 2,53 ^{bc}	2,79± 0,1 ^{de}	TE	13,73± 0,88 ^{gh}
BZIH1	19,06± 3,52 ^{cd}	55,04± 13,1 ^{bc}	4,85± 0,33 ^{efg}	0,95± 0,03 ^{de}	112,75± 11,12 ^f	80,6± 5,18 ^{de}
BZIH2	21,93± 4,04 ^{cd}	8,4± 1,55 ^{de}	27,04± 1,82 ^{de}	1,4± 0,05 ^{de}	100,24± 9,89 ^f	30,16± 1,94 ^{fg}
BZIH3	40,95± 32,82 ^b	1,69± 0,31 ^{fg}	59,85± 9,89 ^{ab}	28,64± 1,3 ^a	TE	35,81± 2,3 ^{fg}
BHI1	18,38± 3,39 ^{cd}	20,09± 3,71 ^{cde}	46,69± 3,14 ^{bc}	3,96± 0,14 ^{de}	386,06± 38,09 ^e	108,78± 6,99 ^{de}
BHI2	23,56± 4,35 ^{cd}	58,06± 15,51 ^{bc}	1,82± 0,12 ^{fg}	0,45± 0,02 ^{de}	41,1± 4,06 ^h	24,53± 1,58 ^{gh}
BHI3	13,04± 2,41 ^{cde}	0,84± 0,16 ^g	0,54± 0,04 ^{fg}	27,01± 0,93 ^a	TE	102,5± 6,59 ^{de}
BHH1	TE	TE	TE	TE	TE	TE
BHH2	5,31± 0,98 ^{de}	46,93± 8,66 ^{cd}	6,72± 0,45 ^{efg}	3,87± 0,13 ^{de}	44,25± 4,37 ^h	39,36± 2,53 ^{fg}
BHH3	5,51± 1,02 ^{de}	5,01± 0,92 ^{de}	39,88± 2,69 ^{bc}	0,99± 0,03 ^{de}	21,61± 2,13 ^h	30,19± 1,94 ^{fg}
BHIH1	30,31± 5,59 ^{bcd}	65,38± 12,06 ^{ab}	1,63± 0,11 ^{fg}	0,7± 0,02 ^{de}	186,54± 184,07 ^{ef}	392,23± 43,79 ^a
BHIH2	3,35± 0,62 ^{de}	7,29± 1,34 ^{de}	9,12± 0,61 ^{efg}	7,51± 0,26 ^{de}	560,33± 55,29 ^d	17,43± 1,12 ^{gh}
BHIH3	TE	TE	TE	TE	TE	TE

± standart sapmayı temsil etmektedir. Her sütunda farklı harf taşıyan örnekler arasında istatistiksel olarak fark bulunmaktadır ($p < 0,05$). CI: Yalnız ısıtım işlem uygulanmış yağsız püre, CH: Yalnız homojenizasyon uygulanmış yağsız püre, CIH: Isıl İşlem ve homojenizasyon uygulanmış yağsız püre, MI1: %2,5 mısır yağı eklenmiş ve ısıtım işlem uygulanmış püre, MI2: %5 mısır yağı eklenmiş ve ısıtım işlem uygulanmış püre, MI3: %10 mısır yağı eklenmiş ve ısıtım işlem uygulanmış püre, MH1: %2,5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MH2: %5 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MH3: %10 mısır yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH1: %2,5 mısır yağı eklenmiş; ısıtım işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH2: %5 mısır yağı eklenmiş; ısıtım işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, MIH3: %10 mısır yağı eklenmiş; ısıtım işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZI1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtım işlem uygulanmış püre, ZI2: %5 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtım işlem uygulanmış püre, ZI3: %10 zeytinyağı eklenmiş ve ısıtım işlem uygulanmış püre, ZH1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZH2: %5 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZH3: %10 zeytinyağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH1: %2,5 zeytinyağı eklenmiş; ısıtım işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH2: %5 zeytinyağı eklenmiş; ısıtım işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, ZIH3: %10 zeytinyağı eklenmiş; ısıtım işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, HI1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtım işlem uygulanmış püre, HI2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtım işlem uygulanmış püre, HI3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve ısıtım işlem

uygulanmış püre, HH1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HH2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HH3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş ve homojenizasyon uygulanmış püre, HHH1: %2,5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, HHH2: %5 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre, HHH3: %10 hindistan cevizi yağı eklenmiş; ısıt işlem ve homojenizasyon uygulanmış püre.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı yağların balkabağına farklı miktarda eklenip ısıtma işlemi, homojenizasyon ve ısıtma işlemi + homojenizasyon şeklinde farklı prosedürler uygulanmasıyla *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası toplam fenolik maddedeki ve antioksidan maddedeki değişim incelenmiştir. Tüm örneklerin *in vitro* biyoerişilebilirlikleri tespit edilerek balkabağına hangi tip yağ eklenmesi ve prosedür uygulanmasıyla en yüksek biyoerişilebilirliğe ulaşılabileceği belirlenmeye çalışılmıştır.

Toplam fenolik madde miktarı *in vitro* sindirim sonrası, zeytinyağı örneklerde 180,6 – 403,2 mg GAE/100 g km arasında, mısır yağı örneklerde 154,3-398,1 mg GAE/100 g km arasında ve hindistan cevizi yağı örnekler arasında 168,5-316,9 mg GAE/100 g km arasında değişim göstermiştir. *In vitro* sindirim öncesi değerlerin hepsinin *in vitro* sindirim sonrası elde edilen değerlerden küçük olduğu saptanmıştır. Bu durum da *in vitro* sindirim sırasında midedeki düşük pH'ın sindirilen maddeyi daha ufak boyuta getirebilmesi ve ayrışmamış formdaki polifenollerin varlığını destekleyebilmesi ile ilişkilendirilmiştir. Toplam fenolik madde biyoerişilebilirliğine bakıldığında, *in vitro* sindirim sonrasında, %10 zeytinyağı içeren yalnızca ısıtma işlemi uygulanmış örnek 1,7 kat artış ve %2,5 mısır yağı içeren ısıtma işlemi ve homojenizasyon uygulanmış örnek 1,15 kat artış göstermiş ve bu örneklerin en fazla biyoerişilebilir örnekler oldukları saptanmıştır. Yalnızca homojenizasyon uygulanmış örneklerin hepsi *in vitro* sindirim sonrası toplam fenolik madde miktarında düşüş göstermişlerdir. Bu düşüşün nedeni, fenolik maddelerin yağ bulunan gıda matrisinde homojenizasyon işlemi ile birlikte oluşan miseller arasında kalıp salınmaması ile ilişkili olabilir.

Toplam antioksidan aktivite değerleri CUPRAC ve DPPH metodları ile belirlenmiştir. *In vitro* sindirim sonrası, %10 zeytinyağı içeren ısıtma işlemi uygulanmış örnek DPPH metoduna göre 1,68 kat artış ile en çok yükselme gösteren örnek olmuştur. CUPRAC yönteminde ise %5 zeytinyağı içeren ısıtma işlemi uygulanmış örnekte 2,71 kat artış tespit edilmiş ve yine bu artış, örneğin, en fazla yükselme gösteren örnek olmasını sağlamıştır. Bu artışlar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

HPLC Yöntemi ile belirlenen karotenoid profilinde, lutein, 9-cis-anteraksantin, violaksantin, α -karoten, β -karoten ve β -kriptoksantin karotenoidleri balkabağında saptanmış olup α -karoten, β -karoten ve β -kriptoksantin karotenoidleri balkabağında en çok bulunan karotenoidler olarak tespit edilmiştir. %10 mısır yağlı ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış örnek α -karoten biyoerişilebilirliğini 7 kat artırmış, ısıtılmış ve homojenizasyonun birlikte uygulandığı %2,5 hindistan cevizi yağlı örnek β -karoten biyoerişilebilirliğini 5 kat artırmış ve yalnızca ısıtılmış ve homojenizasyon uygulanmış %10 hindistan cevizi yağlı örnek ise β -kriptoksantin biyoerişilebilirliğini 13 kat artırmıştır. Elde edilen bu sonuçlar literatür ile uygunluk göstermektedir. Yağ asitlerinin ve uygulanan çeşitli proseslerin karotenoid biyoerişilebilirliği üzerine pozitif etkileri olduğu çalışmamızda da ortaya konmuştur.

Fonksiyonel olarak bir çok üründe halihazırda kullanımı olan zeytinyağının balkabağına optimum oranda ilavesiyle fonksiyonel gıda alanına yeni bir ürün katılabilir. Ancak, yapılan çalışmaların ağız, mide ve bağırsak simülasyonunda yapıldığı düşünüldüğünde *in vivo* çalışmaların gerekliliği de göz önünde bulundurulmalıdır. Ek olarak, yağ ilave edilmiş balkabağı örneklerinin depolama stabiliteleri ve reolojik özellikleri üzerine çalışmalar yapılmasının da önemli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Anand David, A. V., Arulmoli, R. ve Parasuraman, S. (2016). Overviews of biological importance of quercetin: A bioactive flavonoid. *Pharmacognosy Reviews*. doi:10.4103/0973-7847.194044
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. ve Çelik, S. E. (2008). Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. *Microchimica Acta* içinde (C. 160). doi:10.1007/s00604-007-0777-0
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. ve Karademir, S. E. (2004). Novel Total Antioxidant Capacity Index for Dietary Polyphenols and Vitamins C and E, Using Their Cupric Ion Reducing Capability in the Presence of Neocuproine: CUPRAC Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7970-7981. doi:10.1021/JF048741X
- Arifin, N., Siti Nur Izyan, M. A. ve Huda-Faujan, N. (2019). Physical properties and consumer acceptability of basic muffin made from pumpkin puree as butter replacer. *Food Research*, 3(6). doi:10.26656/fr.2017.3(6).090
- Armesto, J., Rocchetti, G., Senizza, B., Pateiro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., ... Lorenzo, J. M. (2020). Nutritional characterization of Butternut squash (*Cucurbita moschata* D.): Effect of variety (Ariel vs. Pluto) and farming type (conventional vs. organic). *Food Research International*, 132. doi:10.1016/j.foodres.2020.109052
- Balkaya, A. ve Kandemir, D. (2015). An overview of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) growing in Turkey. *Azarian Journal of Agriculture*, 2(3).
- Bergantin, C., Maietti, A., Tedeschi, P., Font, G., Manyes, L. ve Marchetti, N. (2018). HPLC-UV/Vis-APCI-MS/MS determination of major carotenoids and their bioaccessibility from “delica” (*cucurbita maxima*) and “violina” (*cucurbita moschata*) pumpkins as food traceability markers. *Molecules*, 23(11). doi:10.3390/molecules23112791
- Bohn, T. (2014). Dietary factors affecting polyphenol bioavailability. *Nutrition Reviews*, 72(7). doi:10.1111/nure.12114
- Bouayed, J., Hoffmann, L. ve Bohn, T. (2011). Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. *Food Chemistry*, 128(1). doi:10.1016/j.foodchem.2011.02.052
- Brown, M. J., Ferruzzi, M. G., Nguyen, M. L., Cooper, D. A., Eldridge, A. L., Schwartz, S. J. ve White, W. S. (2004a). Carotenoid bioavailability is higher from salads ingested with full-fat than with fat-reduced salad dressings as measured with electrochemical detection. *American Journal of Clinical Nutrition*, 80(2). doi:10.1093/ajcn/80.2.396

- Brown, M. J., Ferruzzi, M. G., Nguyen, M. L., Cooper, D. A., Eldridge, A. L., Schwartz, S. J. ve White, W. S. (2004b). Carotenoid bioavailability is higher from salads ingested with full-fat than with fat-reduced salad dressings as measured with electrochemical detection. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(2), 396-403. doi:10.1093/AJCN/80.2.396
- Caili, F., Huan, S. ve Quanhong, L. (2006). A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant Foods for Human Nutrition*. doi:10.1007/s11130-006-0016-6
- Chang, C. H., Lin, H. Y., Chang, C. Y. ve Liu, Y. C. (2006). Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 77(3). doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.06.061
- Courraud, J., Berger, J., Cristol, J. P. ve Avallone, S. (2013). Stability and bioaccessibility of different forms of carotenoids and vitamin A during in vitro digestion. *Food Chemistry*, 136(2), 871-877. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2012.08.076
- Craig, W. J. (1997). Phytochemicals: guardians of our health. *Journal of the American Dietetic Association*. doi:10.1016/s0002-8223(97)00765-7
- Çapanoğlu, E. ve Boyacıoğlu, D. (2009). Meyve ve Sebzelelerin Flavonoid İçeriği Üzerine İşlemenin Etkisi. *Akademik Gıda*, 7(6), 41-46.
- Dash, P. ve Ghosh, G. (2018). Amino acid profiling and antimicrobial activity of Cucurbita moschata and Lagenaria siceraria seed protein hydrolysates. *Natural Product Research*, 32(17). doi:10.1080/14786419.2017.1359174
- de Escalada Pla, M. F., Ponce, N. M., Stortz, C. A., Gerschenson, L. N. ve Rojas, A. M. (2007). Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (Cucurbita moschata Duchesne ex Poiret). *LWT - Food Science and Technology*, 40(7). doi:10.1016/j.lwt.2006.08.006
- Deming, D. M., Baker, D. H. ve Erdman, J. W. (2002). The relative vitamin A value of 9-cis β -carotene is less and that of 13-cis β -carotene may be greater than the accepted 50% that of all-trans β -carotene in gerbils. *Journal of Nutrition*, 132(9). doi:10.1093/jn/132.9.2709
- Doymaz, I. (2007). The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *Journal of Food Engineering*, 79(1). doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.01.049
- Enneb, S., Drine, S., Bagues, M., Triki, T., Boussora, F., Guasmi, F., ... Ferchichi, A. (2020). Phytochemical profiles and nutritional composition of squash (Cucurbita moschata D.) from Tunisia. *South African Journal of Botany*, 130. doi:10.1016/j.sajb.2019.12.011
- Ganeshpurkar, A. ve Saluja, A. K. (2017). The Pharmacological Potential of Rutin. *Saudi Pharmaceutical Journal*. doi:10.1016/j.jsps.2016.04.025

- González, E., Montenegro, M. A., Nazareno, M. A. ve López De Mishima, B. A. (2001). Carotenoid composition and vitamin A value of an Argentinian squash (*Cucurbita moschata*). *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 51(4).
- Guiné, R. P. F., Henriques, F. ve Barroca, M. J. (2012). Mass Transfer Coefficients for the Drying of Pumpkin (*Cucurbita moschata*) and Dried Product Quality. *Food and Bioprocess Technology*, 5(1). doi:10.1007/s11947-009-0275-y
- Hedrén, E., Diaz, V. ve Svanberg, U. (2002). Estimation of carotenoid accessibility from carrots determined by an in vitro digestion method. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(5). doi:10.1038/sj.ejcn.1601329
- Heng, C. X., Li, F., Li, Z. ve Zhang, Z. C. (2003). Purification and characterization of Moschatin, a novel type I ribosome-inactivating protein from the mature seeds of pumpkin (*Cucurbita moschata*), and preparation of its immunotoxin against human melanoma cells. *Cell Research*, 13(5). doi:10.1038/sj.cr.7290182
- Hervert-Hernández, D., Sáyago-Ayerdi, S. G. ve Goñi, I. (2010). Bioactive compounds of four hot pepper varieties (*Capsicum annum* L.), antioxidant capacity, and intestinal bioaccessibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(6). doi:10.1021/jf904220w
- Hornero-Méndez, D. ve Mínguez-Mosquera, M. I. (2007). Bioaccessibility of carotenes from carrots: Effect of cooking and addition of oil. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(3), 407-412. doi:10.1016/J.IFSET.2007.03.014
- Huang, X. E., Hirose, K., Wakai, K., Matsuo, K., Ito, H., Xiang, J., ... Tajima, K. (2004). Comparison of lifestyle risk factors by family history for gastric, breast, lung and colorectal cancer. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 5(4).
- Jacobo-Valenzuela, N., Maróstica-Junior, M. R., Zazueta-Morales, J. de J. ve Gallegos-Infante, J. A. (2011). Physicochemical, technological properties, and health-benefits of *Cucurbita moschata* Duchense vs. Cehualca. A Review. *Food Research International*. doi:10.1016/j.foodres.2011.04.039
- Jacobo-Valenzuela, N., Zazueta-Morales, J. de J., Gallegos-Infante, J. A., Aguilar-Gutierrez, F., Camacho-Hernández, I. L., Rocha-Guzman, N. E. ve Gonzalez-Laredo, R. F. (2011). Chemical and physicochemical characterization of winter squash (*Cucurbita moschata* D.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1). doi:10.15835/nbha3915848
- Jian, L., Du, C. J., Lee, A. H. ve Binns, C. W. (2005). Do dietary lycopene and other carotenoids protect against prostate cancer? *International Journal of Cancer*, 113(6). doi:10.1002/ijc.20667
- Jiang, Z. ve Du, Q. (2011). Glucose-lowering activity of novel tetrasaccharide glyceroglycolipids from the fruits of *Cucurbita moschata*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 21(3), 1001-1003. doi:10.1016/J.BMCL.2010.12.030

- Johnson, E. J. (2002). The role of carotenoids in human health. *Nutrition in clinical care: an official publication of Tufts University*. doi:10.1046/j.1523-5408.2002.00004.x
- Jun, H. Il, Lee, C. H., Song, G. S. ve Kim, Y. S. (2006). Characterization of the pectic polysaccharides from pumpkin peel. *LWT - Food Science and Technology*, 39(5). doi:10.1016/j.lwt.2005.03.004
- Jurić, S., Ferrari, G., Velikov, K. P. ve Donsi, F. (2019). High-pressure homogenization treatment to recover bioactive compounds from tomato peels. *Journal of Food Engineering*, 262. doi:10.1016/j.jfoodeng.2019.06.011
- Knockaert, G., De Roeck, A., Lemmens, L., Van Buggenhout, S., Hendrickx, M. ve Van Loey, A. (2011). Effect of thermal and high pressure processes on structural and health-related properties of carrots (*Daucus carota*). *Food Chemistry*, 125(3). doi:10.1016/j.foodchem.2010.09.066
- Knockaert, G., Lemmens, L., Van Buggenhout, S., Hendrickx, M. ve Van Loey, A. (2012). Changes in β -carotene bioaccessibility and concentration during processing of carrot puree. *Food Chemistry*, 133(1). doi:10.1016/j.foodchem.2011.12.066
- Koh, W. Y., Utra, U., Rosma, A., Effarizah, M. E., Rosli, W. I. W. ve Park, Y. H. (2018). Development of a novel fermented pumpkin-based beverage inoculated with water kefir grains: a response surface methodology approach. *Food Science and Biotechnology*, 27(2). doi:10.1007/s10068-017-0245-5
- Kulczynski, B. ve Gramza-Michałowska, A. (2019). The profile of secondary metabolites and other bioactive compounds in cucurbita Pepo L. And cucurbita moschata pumpkin cultivars. *Molecules*, 24(16). doi:10.3390/molecules24162945
- Kumaran, A. ve Joel Karunakaran, R. (2006). Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chemistry*, 97(1), 109-114. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2005.03.032
- Lee, C. H., Cho, J. K., Lee, S. J., Koh, W., Park, W. ve Kim, C. H. (2002). Enhancing β -carotene content in Asian noodles by adding pumpkin powder. *Cereal Chemistry*, 79(4). doi:10.1094/CCHEM.2002.79.4.593
- Li, T., Shen, P., Liu, W., Liu, C., Liang, R., Yan, N. ve Chen, J. (2014). Major polyphenolics in pineapple peels and their antioxidant interactions. *International Journal of Food Properties*, 17(8). doi:10.1080/10942912.2012.732168
- Liu, J., Bi, J., Liu, X., Zhang, B., Wu, X., Wellala, C. K. D. ve Zhang, B. (2019). Effects of high pressure homogenization and addition of oil on the carotenoid bioaccessibility of carrot juice. *Food & Function*, 10(1), 458-468. doi:10.1039/C8FO01925H
- López-Mejía, N., Martínez-Correa, H. A. ve Andrade-Mahecha, M. M. (2019). Pancake ready mix enriched with dehydrated squash pulp (*Cucurbita moschata*):

- formulation and shelf life. *Journal of Food Science and Technology*, 56(11). doi:10.1007/s13197-019-03977-2
- Lukin, A. (2019). Applicability of pumpkin puree in sugar biscuit production. *Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 20(3).
- McClements, D. J., Saliva-Trujillo, L., Zhang, R., Zhang, Z., Zou, L., Yao, M. ve Xiao, H. (2016). Boosting the bioavailability of hydrophobic nutrients, vitamins, and nutraceuticals in natural products using excipient emulsions. *Food Research International*. doi:10.1016/j.foodres.2015.11.017
- Mehditabar, H., Razavi, S. M. A. ve Javidi, F. (2020). Influence of pumpkin puree and guar gum on the bioactive, rheological, thermal and sensory properties of ice cream. *International Journal of Dairy Technology*, 73(2). doi:10.1111/1471-0307.12658
- Men, X., Choi, S. Il, Han, X., Kwon, H. Y., Jang, G. W., Choi, Y. E., ... Lee, O. H. (2021). Physicochemical, nutritional and functional properties of Cucurbita moschata. *Food Science and Biotechnology*. doi:10.1007/s10068-020-00835-2
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., ... Jorge, I. P. (2014). 1113-1124 | 1113 Open Access Article. *Food Funct*, 5. doi:10.1039/c3fo60702j
- Murkovic, M., Mülleder, U. ve Neunteufl, H. (2002). Carotenoid content in different varieties of pumpkins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15(6). doi:10.1006/jfca.2002.1052
- Nagao, A., Kotake-Nara, E. ve Hase, M. (2013). Effects of fats and oils on the bioaccessibility of carotenoids and vitamin e in vegetables. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 77(5), 1055-1060. doi:10.1271/BBB.130025
- Priori, D., Valduga, E., Vilella, J. C. B., Mistura, C. C., Vizzotto, M., Valgas, R. A. ve Barbieri, R. L. (2017). Characterization of bioactive compounds, antioxidant activity and minerals in landraces of pumpkin (Cucurbita moschata) cultivated in Southern Brazil. *Food Science and Technology (Brazil)*, 37(1). doi:10.1590/1678-457X.05016
- Priyadarshani, A. M. B. (2017). A review on factors influencing bioaccessibility and bioefficacy of carotenoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8). doi:10.1080/10408398.2015.1023431
- Priyadarshani, A. M. B. ve Chandrika, U. G. (2007). Content and in-vitro accessibility of pro-vitamin A carotenoids from Sri Lankan cooked non-leafy vegetables and their estimated contribution to vitamin A requirement. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58(8). doi:10.1080/09637480701395580
- Provesi, J. G., Dias, C. O. ve Amante, E. R. (2011a). Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. *Food Chemistry*, 128(1). doi:10.1016/j.foodchem.2011.03.027

- Provesi, J. G., Dias, C. O. ve Amante, E. R. (2011b). Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. *Food Chemistry*, 128(1), 195-202. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2011.03.027
- Qian, Z. G. (2014). Cellulase-assisted extraction of polysaccharides from *Cucurbita moschata* and their antibacterial activity. *Carbohydrate Polymers*, 101(1), 432-434. doi:10.1016/J.CARBPOL.2013.09.071
- Que, F., Mao, L., Fang, X. ve Wu, T. (2008). Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(7). doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01590.x
- Rivero, R. M., Ruiz, J. M., García, P. C., López-Lefebvre, L. R., Sánchez, E. ve Romero, L. (2001). Resistance to cold and heat stress: Accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Science*, 160(2). doi:10.1016/S0168-9452(00)00395-2
- Rodriguez-Amaya, D. B. (2003). Enhancing the carotenoid levels of foods through agriculture and food technology. *FoodAfrica*.
- SADLER, G., DAVIS, J. ve DEZMAN, D. (1990). Rapid Extraction of Lycopene and β -Carotene from Reconstituted Tomato Paste and Pink Grapefruit Homogenates. *Journal of Food Science*, 55(5). doi:10.1111/j.1365-2621.1990.tb03958.x
- Saini, R. K., Keum, Y. S., Daglia, M. ve Rengasamy, K. R. (2020). Dietary carotenoids in cancer chemoprevention and chemotherapy: A review of emerging evidence. *Pharmacological Research*. doi:10.1016/j.phrs.2020.104830
- Saura-Calixto, F., Garcia-Alonso, A., Goni, I. ve Bravo, L. (2000). In vitro determination of the indigestible fraction in foods: An alternative to dietary fiber analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8). doi:10.1021/jf0000373
- Sentandreu, E., Stinco, C. M., Vicario, I. M., Mapelli-Brahm, P., Navarro, J. L. ve Meléndez-Martínez, A. J. (2020). High-pressure homogenization as compared to pasteurization as a sustainable approach to obtain mandarin juices with improved bioaccessibility of carotenoids and flavonoids. *Journal of Cleaner Production*, 262. doi:10.1016/j.jclepro.2020.121325
- Singleton, V. L. ve Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3).
- Tamer, C. E., Incedayi, B., Parseker Yönel, S., Yonak, S. ve Çopur, Ö. U. (2010). Evaluation of several quality criteria of low calorie pumpkin dessert. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1).

- Tan, Y. ve McClements, D. J. (2021). Improving the bioavailability of oil-soluble vitamins by optimizing food matrix effects: A review. *Food Chemistry*, 348. doi:10.1016/j.foodchem.2021.129148
- Toutain, P. L. ve Bousquet-Mélou, A. (2004). Bioavailability and its assessment. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* içinde (C. 27). doi:10.1111/j.1365-2885.2004.00604.x
- Unlu, N. Z., Bohn, T., Clinton, S. K. ve Schwartz, S. J. (2005). Carotenoid absorption from salad and salsa by humans is enhanced by the addition of avocado or avocado oil. *Journal of Nutrition* içinde (C. 135). doi:10.1093/jn/135.3.431
- Vallverdú-Queralt, A., Regueiro, J., de Alvarenga, J. F. R., Torrado, X. ve Lamuela-Raventos, R. M. (2015). Carotenoid profile of tomato sauces: Effect of cooking time and content of extra virgin olive oil. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(5). doi:10.3390/ijms16059588
- Vallverdú-Queralt, A., Regueiro, J., Rinaldi De Alvarenga, J. F., Torrado, X. ve Lamuela-Raventos, R. M. (2014). Home cooking and phenolics: Effect of thermal treatment and addition of extra virgin olive oil on the phenolic profile of tomato sauces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(14). doi:10.1021/jf500416n
- Vassiliou, A. G., Neumann, G. M., Condrón, R. ve Polya, G. M. (1998). Purification and mass spectrometry-assisted sequencing of basic antifungal proteins from seeds of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Plant Science*, 134(2). doi:10.1016/S0168-9452(98)00052-1
- Voutilainen, S., Nurmi, T., Mursu, J. ve Rissanen, T. H. (2006). Carotenoids and cardiovascular health. *American Journal of Clinical Nutrition*. doi:10.1093/ajcn/83.6.1265
- Wang, H. X. ve Ng, T. B. (2003). Isolation of cucurmoschin, a novel antifungal peptide abundant in arginine, glutamate and glycine residues from black pumpkin seeds. *Peptides*, 24(7). doi:10.1016/S0196-9781(03)00191-8
- Wang, L., Liu, F., Wang, A., Yu, Z., Xu, Y. ve Yang, Y. (2017). Purification, characterization and bioactivity determination of a novel polysaccharide from pumpkin (*Cucurbita moschata*) seeds. *Food Hydrocolloids*, 66. doi:10.1016/j.foodhyd.2016.12.003
- Yadav, M., Jain, S., Tomar, R., Prasad, G. B. K. S. ve Yadav, H. (2010). Medicinal and biological potential of pumpkin: An updated review. *Nutrition Research Reviews*, 23(2). doi:10.1017/S0954422410000107
- Yao, K., McClements, D. J., Yan, C., Xiao, J., Liu, H., Chen, Z., ... Liu, X. (2021). In vitro and in vivo study of the enhancement of carotenoid bioavailability in vegetables using excipient nanoemulsions: Impact of lipid content. *Food Research International*, 141. doi:10.1016/j.foodres.2021.110162

- Yen, G. C., Duh, P. Der ve Tsai, C. L. (1993). Relationship between Antioxidant Activity and Maturity of Peanut Hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(1). doi:10.1021/jf00025a015
- Yıldız, T., Yurtlu, Y. B., & Yesiloglu, E. (2013). Determination of some physical properties of some pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) and winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) genotype seeds. *Eur. J. Plant Sci. Biotech*, (7), 47-51.
- Yu, Y., Xu, Y., Wu, J., Xiao, G., Fu, M. ve Zhang, Y. (2014). Effect of ultra-high pressure homogenisation processing on phenolic compounds, antioxidant capacity and anti-glucosidase of mulberry juice. *Food Chemistry*, 153. doi:10.1016/j.foodchem.2013.12.038
- Zhang, R., Zhang, Z., Zou, L., Xiao, H., Zhang, G., Decker, E. A. ve McClements, D. J. (2016). Impact of Lipid Content on the Ability of Excipient Emulsions to Increase Carotenoid Bioaccessibility from Natural Sources (Raw and Cooked Carrots). *Food Biophysics*, 11(1). doi:10.1007/s11483-015-9418-z
- Zhu, X., Cheng, Y., Chen, P., Peng, P., Liu, S., Li, D. ve Ruan, R. (2016). Effect of alkaline and high-pressure homogenization on the extraction of phenolic acids from potato peels. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37. doi:10.1016/j.ifset.2016.08.006
- Ziegler, R. G., Mayne, S. T. ve Swanson, C. A. (1996). Nutrition and lung cancer. *Cancer Causes and Control*. doi:10.1007/BF00115646

ÖZGEÇMİŞ

A. KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Elif PİŞKİN

Yabancı Dili: İngilizce

B. EĞİTİM

Yüksek Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, 2023

Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Gıda Mühendisliği (İng.), 2015

C. MESLEKİ DENEYİM

2021-2022 Proje Müdür Yardımcısı, Name Kurumsal Yemek Gıda A.Ş.

2022-... Provision Specialist, Gimaş Ship Supply and Services

E. YAYINLAR VE BİLDİRİLER

1. Piskin, E., Cianciosi, D., Gulec, S., Tomas, M., & Capanoglu, E. (2022). Iron Absorption: Factors, Limitations, and Improvement Methods. *ACS Omega*.
2. Kandemir, K., Piskin, E., Xiao, J., Tomas, M., & Capanoglu, E. (2022). Fruit Juice Industry Wastes as a Source of Bioactives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
3. Piskin, E., Tomas M. (2022). ‘‘Balkabağı Meyvesi Fonksiyonel Özellikleri’’, 12. Gıda Mühendisliği Öğrenci Kongresi, Uludağ Üniversitesi, 21-22 Mart 2022, Bursa