

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

FARKLI PEKTİN TÜRLERİNİN *IN VITRO* SİNDİRİM
SONRASINDA KUŞBURNU PÜRESİNİN BİYOAKTİF
BİLEŞİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kevser KANDEMİR

İstanbul
Ocak-2023

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

FARKLI PEKTİN TÜRLERİNİN *IN VITRO* SİNDİRİM
SONRASINDA KUŞBURNU PÜRESİNİN BİYOAKTİF
BİLEŞİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kevser KANDEMİR

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 “**Farklı pektin türlerinin *in vitro* sindirim sonrasında kuşburnu püresinin biyoaktif bileşikleri üzerine etkisi**” 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.

Kevser KANDEMİR

ÖN SÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, araştırmamdaki her aşamada bana öncü ve yardımcı olan değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Merve TOMAŞ'a, lisans döneminde ve sonrasında da dersleriyle bize vizyon katan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli hocamız, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Hasan YETİM'e, çalışmamıza destek veren ve değerli bilgilerini bizimle paylaşarak katkılarını sunan Doç. Dr. Salih KARASU ve Doç. Dr. Mustafa YAMAN'a teşekkürü borç bilirim.

Lisans döneminde olduğu gibi yüksek lisans döneminde de birlikte yürüdüğüm, her türlü stres ve zorluğa birlikte göğüs gerdiğim, manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli arkadaşım, Gıda Müh. Elif PİŞKİN'e, liseden beri yanımda olan, yüksek lisansta da deneyimlerinden faydalandığım, her zaman yanımda olan arkadaşım Rabia DEMİREL'e ve bu süreçte yanımda olan diğer tüm arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca maddi manevi tüm desteklerinden ve yol göstermelerinden dolayı, beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ve verdiğim tüm kararların arkasında durarak bana güç veren canım babam Mehmet Ali KANDEMİR ve canım annem Cevriye KANDEMİR'e, canım abim Yasin Alperen KANDEMİR ve biricik kardeşim Ömer Tarhan KANDEMİR'e,

Son olarak zor zamanlarımda beni cesaretlendiren, çalışmamın her aşamasında sonsuz desteğini hissettirerek bana yoldaşlık eden Muhammed ŞAHİN'e,

Sonsuz teşekkürler...

Kevser KANDEMİR

İstanbul – 2023

ÖZET
FONKSİYONEL KUŞBURNU PÜRESİ: FARKLI PEKTİN
TÜRLERİNİN FENOLİK MADDE MİKTARI VE *IN VITRO*
SİNDİRİM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Kevser KANDEMİR

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Merve TOMAŞ

Ocak, 2023 - 95 Sayfa

Çalışmanın amacı, ülkemizde bol miktarda yetişmekte olan kuşburnu meyvesinin farklı kombinasyonlar kullanılarak fonksiyonel bir ürüne dönüştürülmesi ve insan sağlığını koruma ve geliştirmeye yönelik alternatif bir katma değerli ürün elde edilmesidir. Bu amaç doğrultusunda, kuşburnu meyvesi püre haline getirildikten sonra içeriğindeki karotenoid ve fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliklerinde meydana gelen değişim, diyet fiberi olarak yüksek metoksilli ve düşük metoksilli pektin kullanılarak ele alınmıştır. Çalışmada taze meyve, meyve püresi, her birinden %2.5 ve %5 oranlarında olacak şekilde yüksek ve düşük metoksilli pektin içeren kuşburnu püreleri hazırlanmış ve hazırlanan pürelerde *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası olmak üzere Folin-Ciocalteu yöntemiyle toplam fenolik madde, CUPRAC ve DPPH yöntemleri ile toplam antioksidan kapasitesi ve HPLC yöntemi ile fenolik madde profili ve karotenoid profili analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda homojenizasyon işleminin toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan kapasitesinde istatistiksel olarak anlamlı bir artışa yol açtığı görülmüştür. Püreler kıyaslandığında pektin ilavesinin toplam fenolik madde miktarında anlamlı bir farklılığa yol açmadığı ve bu örneklerde biyoerişilebilirliğin kontrolden daha yüksek olmadığı sonucuna varılmıştır. Yine DPPH ile analiz edilen örneklerde pektin ilavesinin önemli etkisinin olmadığı görülmüştür. Fenolik madde profili incelendiğinde pektin ilavesiyle elajik asit oranında ciddi bir artış gözlemlenmiştir. Karotenoidlerin biyoerişilebilirliği pektin ilavesiyle birlikte azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kuşburnu, pektin, biyoerişilebilirlik, fenolik

ABSTRACT

FUNCTIONAL ROSEHIP PUREE: EFFECTS OF DIFFERENT TYPES OF PECTINS ON PHENOLIC COMPOUNDS AND *IN VITRO* GASTROINTESTINAL DIGESTION

Kevser KANDEMİR

Master of Science, Food Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Merve TOMAŞ

January, 2023 - 95 Pages

The aim of the study is to valorise the rosehip fruit, which is widely grown perennial shrub in our country, into a functional product by using different combinations and to obtain an alternative value-added product for protecting and improving human health. For this purpose, rosehip fruits were analyzed according to a new food-matrix approach in order to improve the bioaccessibility of the carotenoids and phenolic compounds. In this study, fresh fruit, rosehip puree and rosehip purees with 2.5% and 5% of each high and low methoxyl pectins were prepared. The total phenolic content was analyzed by Folin-Ciocalteu method and the total antioxidant capacities were analyzed by DPPH and CUPRAC assays and the phenolic profile by HPLC, before and after *in vitro* digestion procedure. As a result, it was seen that the homogenization process caused a statistically significant increase in the total amount of phenolic substances and the total antioxidant capacity. Among purees, it was concluded that the pectin addition did not cause a significant difference in the amount of total phenolic compound and the bioaccessibility values was not higher in these samples than in the control. Additionally, pectin addition did not have a significant effect on the total antioxidant capacity when analyzed by DPPH. However, the bioaccessibility of the sample with 5% low methoxyl pectin added was higher according to the CUPRAC results. Interestingly, a significant increment in the elagic acid content was seen in the pectin-added purees. On the other hand, bioaccessibility of carotenoids has shown a decreasing trend.

Keywords: Rosehip, pectin, bioaccessibility, phenolics

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ.....	ii
ÖN SÖZ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ	1
-------------	---

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR BİLGİSİ.....	4
2.1. Kuşburnu Meyvesi (<i>Rosa canina</i> L.).....	4
2.1.1. Kuşburnu meyvesinin bileşimi ve sağlık üzerine etkileri	7
2.1.2. Kuşburnu meyvesindeki antioksidan bileşenler.....	9
2.2. Diyet Lifi İlavesinin <i>In-vitro</i> Biyoerişilebilirlik Üzerine Etkisi.....	20

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOD.....	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Kuşburnu püresi örnekleri.....	23
3.2. Metod	24
3.2.1. Ekstrakt hazırlama	24
3.2.2. Toplam fenolik madde	25
3.2.3. Antioksidan kapasitesi	25
3.2.4. HPLC yöntemi ile karotenoid profilinin belirlenmesi	26
3.2.5. HPLC yöntemi ile fenolik madde profilinin belirlenmesi	26

3.2.6. <i>In vitro</i> gastrointestinal sindirim sistemi metodu ile kuşburnu pürelerindeki biyoaktif bileşiklerin biyoerişilebilirliğin tespiti	26
3.3. İstatistiksel metod	27

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı.....	29
4.2. Antioksidan Kapasitesi Analizleri	34
4.2.1. DPPH Radikali Yakalama Aktivitesi	34
4.2.2. Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasitesi (CUPRAC)	37
4.3. HPLC Yöntemi ile Fenolik Madde Profilinin Belirlenmesi	39
4.4. HPLC Yöntemi ile Karotenoid Profilinin Belirlenmesi	46

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	50
KAYNAKÇA	54
EKLER.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	83

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2. 1. Kuşburnu meyvesinin taksonomik sınıflandırması.....	4
Tablo 2. 2. Kuşburnu içeren gıda takviyeleri ve kullanım amaçları	6
Tablo 2. 3. Kuşburnu meyvesinin kimyasal bileşimi	7
Tablo 2. 4. Farklı meyve ve sebzelerde bulunan likopen ve β -karoten miktarları. ...	15
Tablo 2. 5. Bazı meyvelerin toplam fenolik madde miktarları.....	17
Tablo 3. 1. Numune kodları.....	23
Tablo 4. 1. Farklı tür ve miktarda pektin içeren kuşburnu örneklerinin ortalama toplam fenolik madde miktarı.	29
Tablo 4. 2. DPPH yöntemi ile örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri	34
Tablo 4. 3. CUPRAC yöntemi ile toplam antioksidan kapasiteleri.....	37
Tablo 4. 4. Başlangıç örneklerinin fenolik madde profili	40
Tablo 4. 5. <i>In vitro</i> sindirim sonrası fenolik madde profili	41
Tablo 4. 6. <i>In vitro</i> sindirim öncesi karotenoid profili	46
Tablo 4. 7. <i>In vitro</i> sindirim sonrası karotenoid profili	47

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Kuşburnu meyvesi (<i>Rosa canina</i> L.).....	5
Şekil 2. 2. C vitamininin antioksidan mekanizması.....	9
Şekil 2. 3. C vitamininin pro-oksidan mekanizması.....	11
Şekil 2. 4. Bazı karotenlerin kimyasal yapısı.....	13
Şekil 2. 5. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması.....	19
Şekil 3. 1. Kuşburnu örnekleri. a) meyve kontrol; b) meyve püre; c) %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi; d) %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi; e) %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi; f) %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi.....	24
Şekil 3. 2. <i>In vitro</i> gastrointestinal sindirim sistemi.....	28
Şekil 4. 1. <i>In vitro</i> sindirim öncesi ve sonrası toplam fenolik madde miktarındaki değişim.....	31
Şekil 4. 2. <i>In vitro</i> sindirim öncesi ve sonrası DPPH yöntemi ile toplam antioksidan kapasitelerindeki değişim.....	35
Şekil 4. 3. <i>In vitro</i> sindirim öncesi ve sonrası CUPRAC metoduna göre toplam antioksidan kapasitesindeki değişim.....	39
Şekil A. 1. Meyve kontrol örneğinin 278 nm'deki kromatogramı.....	65
Şekil A. 2. Meyve kontrol örneğinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 278 nm'deki kromatogramı.....	65
Şekil A. 3. Meyve püresi örneğinin 278 nm'deki kromatogramı.....	66
Şekil A. 4. Meyve püresi örneğinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 278 nm'deki kromatogramı.....	66
Şekil A. 5. %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin 278 nm'deki kromatogramı.....	67
Şekil A. 6. %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 278 nm'deki kromatogramı.....	67
Şekil A. 7. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin 278 nm'deki kromatogramı.....	68
Şekil A. 8. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 278 nm'deki kromatogramı.....	68
Şekil A. 9. %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin 278 nm'deki kromatogramı.....	69

Şekil A. 10. %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 278 nm'deki kromatogramı	69
Şekil A. 11. %5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin 278 nm'deki kromatogramı	70
Şekil A. 12. %5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 278 nm'deki kromatogramı	70
Şekil A. 13. Meyve kontrol örneğinin 320 nm'deki kromatogramı	71
Şekil A. 14. Meyve kontrol örneğinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 320 nm'deki kromatogramı	71
Şekil A. 15. Meyve püresi örneğinin 320 nm'deki kromatogramı.....	72
Şekil A. 16. Meyve püresi örneğinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 320 nm'deki kromatogramı	72
Şekil A. 17. %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin 320 nm'deki kromatogramı	73
Şekil A. 18. %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 320 nm'deki kromatogramı	73
Şekil A. 19. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin 320 nm'deki kromatogramı	74
Şekil A. 20. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 320 nm'deki kromatogramı	74
Şekil A. 21. %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin 320 nm'deki kromatogramı	75
Şekil A. 22. %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 320 nm'deki kromatogramı	75
Şekil A. 23. %5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin 320 nm'deki kromatogramı	76
Şekil A. 24. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 320 nm'deki kromatogramı	76
Şekil A. 25. Meyve kontrol örneğinin 360 nm'deki kromatogramı	77
Şekil A. 26. Meyve kontrol örneğinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 360 nm'deki kromatogramı	77
Şekil A. 27. Meyve püresi örneğinin 360 nm'deki kromatogramı.....	78
Şekil A. 28. Meyve kontrol örneğinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 360 nm'deki kromatogramı	78
Şekil A. 29. %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin 360 nm'deki kromatogramı	79

Şekil A. 30. %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 360 nm'deki kromatogramı	79
Şekil A. 31. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin 360 nm'deki kromatogramı	80
Şekil A. 32. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 360 nm'deki kromatogramı	80
Şekil A. 33. %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin 360 nm'deki kromatogramı	81
Şekil A. 34. %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 360 nm'deki kromatogramı	81
Şekil A. 35. %5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin 360 nm'deki kromatogramı	82
Şekil A. 36. %5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin <i>in vitro</i> sindirim sonrası 360 nm'deki kromatogramı	82

KISALTMALAR LİSTESİ

CUPRAC	: Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasitesi
DPPH	: 1,1-difenil-2- pikrilhidrazil
FCR	: Folin-Ciocalteu belirteci
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
HMP	: Yüksek metoksilli pektin
HP1	: %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi
HP2	: %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi
HPLC	: Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
KM	: Kuru madde
LMP	: Düşük metoksilli pektin
LP1	: %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi
LP2	: %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi
MC	: Meyve kontrol
MP	: Meyve püresi
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
PhP	: Fenilpropanoid
PP	: Pentoz fosfat
RDA	: Günlük alınması gereken besin miktarı
SK	: Şikimat
TE	: Tespit edilemedi
TEAC	: Troloks eşdeğer antioksidan kapasitesi
TFMM	: Toplam fenolik madde miktarı
TMA	: Toplam monomerik antosiyanin
UV-VIS	: Mor ötesi-görünür bölge
vd.	: Ve diğerleri
YB	: Yaş baz

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Gündelik hayatta tükettiğimiz besinlerin sağlık üzerine direkt etki etmeleri bilinen bir gerçektir. Özellikle son zamanlarda artan tüketici bilinciyle birlikte fonksiyonel gıda kavramı gitgide önem kazanmakta, bununla birlikte gıda endüstrisinde de ürün skalasının gelişmesine önayak olmaktadır. Fonksiyonel gıdalar, sağlık açısından faydalı biyolojik ve fizyolojik olarak aktif bileşikler (biyoaktif bileşikler) içeren gıdalar olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla bu gıdalar sağlığın korunmasına, geliştirilmesine ve potansiyel hastalıkların önüne geçilerek yaşam kalitesini arttırmayı hedeflemektedir. Biyoaktif bileşikler ve bu bileşiklerce zengin gıdalar son zamanlarda özellikle antioksidan, anti-enflamatuvar, anti-diyabetik, anti-kanser, anti-viral ve anti-tümör özelliklerinden ötürü, reaktif oksijen türlerinin ve serbest radikallerin hücrelere verdiği zararı engellemeleri ve insan sağlığı korumaya yönelik faydaları sebebiyle araştırmacılar tarafından yakın takibe alınmıştır (Adesulu-Dahunsi vd., 2018; Dilna vd., 2015).

Meyve ve sebzeler ‘‘fitokimyasal’’ olarak adlandırılan biyoaktif bileşiklerce zengin, doğal ve sürdürülebilir birer kaynak olmalarının yanı sıra, epidemiyolojik çalışmalarda da ileriki yaşlarda ortaya çıkabilecek olan Alzheimer, katarakt ve kalp rahatsızlıkları gibi birtakım hastalıkların önüne geçilmesi noktasında engelleyici oldukları bildirilmiştir (Swaraz vd., 2021; Zingue vd., 2018). Fitokimyasallar dendiğinde akla ilk gelen bileşikler olan fenolikler başlıca fenolik asitler, flavonoidler, tanninler, karotenoidler gibi gruplar altında incelenmekte ve belirtildiği üzere, bu bileşiklerin sağlık üzerine etkisini ele alan sayısız yayın bulunmaktadır. Fakat bu bileşiklerin düşük çözünürlük sergilemeleri ve bağırsak ortamına ulaşana kadar üst gastrointestinal sistemde parçalanmaları, dolayısıyla kolona ulaşamayarak vücut tarafından yeteri miktarda emilim sağlanamaması gibi sebeplerle arzu edilen faydaların görülmesi, yani biyoerişilebilirliği, bir noktada engellenmektedir (Tang vd., 2020).

Fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliklerinin artırılması ve sindirim sisteminden zarar görmeden kolona ulaşabilmeleri amacıyla gıda üreticileri bu maddeleri farklı gıda kompozisyonlarına dahil ederek hem fonksiyonel gıda pazarına yeni ürünler kazandırmaları hem de alternatif sürdürülebilir gıda katkı maddelerine yönelmeleri ile

gıda sektörüne yeni bir bakış açısı kazandırmaktadırlar. Öte yandan bu bileşiklerin gıda matrislerine entegre edilmesi, gıdanın yapısal ve duyusal özelliklerine direkt olarak etki etmesi sebebiyle, tüketici açısından kabul edilebilirliği yüksek ürünler ortaya çıkarabildiği gibi, aynı zamanda beğenisi düşük ürünler elde edilmesine de yol açabilmektedir. Ek olarak, bu maddeler biraraya geldiklerinde mutualistik bir etki yaratacakları gibi, bazı durum ve koşullarda ise antagonistik bir etkiyle biyoyararlılıklarını etkileyerek faydalarını azaltacak bir etkinlik de gösterebilmektedirler (Tomas vd., 2018). Bu doğrultuda fenolik maddelerin faydalarından yararlanabilmek ve etkili fonksiyonel ürünler üretebilmek amacıyla, bu maddelerin gıda matrisiyle olan etkileşimi iyi anlaşılmalı ve fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirilmesi doğrultusunda çalışmalar artırılmalıdır.

Kuşburnu meyvesi (*Rosa canina* L.), ülkemizde yabancı olarak yetişmekte olan, *Rosaceae* familyasına ait çok yıllık bir çalıdır. Dünyada yetişmekte olan 100 farklı kuşburnu çeşidinin 27'si Türkiye'de yetişmektedir. Bulundurduğu yüksek C vitamini konsantrasyonunun yanı sıra fenolik bileşikleri sayesinde yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu yapılan çalışmalarca desteklenmektedir. Nitekim 100 g kuşburnu meyvesinde 1010 mg ila 2712 mg arasında değişen miktarlarda C vitamini bulunduğu ve bu miktarın portakal (40 mg/100 g) ve mandalina (50 mg/100 g) gibi meyvelerden 25-50 kat fazla olduğu bilinmektedir. Ayrıca karotenoid madde açısından da oldukça zengin olan kuşburnu, bağışıklık sistemi, göz sağlığı ve kalp-damar hastalıkları açısından da önemli bir meyve olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine yüksek fenolik madde içeriğinden ötürü farmakolojik değeri yüksek bir meyve olarak karşımıza çıkmaktadır (Duru vd., 2012). Özellikle içerisinde bulunan hidroksisinamik asit, kuersetin, kateşin ve kaemferol gibi fenolik bileşikler, kuşburnu meyvesini insan sağlığı açısından önemli bir noktaya taşımaktadır (Demir vd., 2014). Yapılan çalışmalarda kuşburnu meyvesinde toplam fenolik madde miktarının yaklaşık olarak 2 ila 96 mg/g arasında değiştiği bildirilmiş ve bu farklılıkların meyvenin yetiştiği bölge, iklim koşulları, hasat edilme zamanı ve ekstraksiyon metodu gibi bir çok faktöre bağlı olduğu düşünülmektedir (Ercisli, 2007b; Murathan vd., 2016). Bu doğrultuda, ülkemizde yaygın bir şekilde çay ve marmelat olarak tüketilen kuşburnu, Anadolu'da bir çok bölgede yetişmesinden ötürü geleneksel olarak soğuk algınlığı ve grip gibi enfeksiyonların ve hemoroit, ülser gibi rahatsızlıkların tedavisinde de yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir (Orhan ve Hartevioglu, 2013). Avrupa ülkelerinde ise bir

çok alanda kuşburnu ekstraktı olarak ilaç sektöründe ve bebek mamalarının, meyve sularının ve çayların zenginleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Özdemir vd., 1998). Yurtdışında üretilen bir kuşburnu preparatı üzerine yapılan bir aylık bir çalışma sonucunda osteoartrit ağrılarında büyük ölçüde bir azalma görüldüğü ve bu etkinin antienflamatuar özellikteki ilaçlar ile kıyaslanabilir ölçüde olduğu bildirilmiştir (Winther vd., 1999). Halbuki bu biyoaktif bileşiklerin vücut tarafından sindirilmesi ve dolaşım sistemine katılabilmesi, gıda içerisinde bulunan makromoleküllere ne kadar bağlı olduğuna, gıdanın maruz kaldığı mekanik ve ısıl işlemlere, tüketilen yağlar ve diyet lifleri gibi bir çok faktöre bağlıdır (Hadley vd., 2002; Rao & Rao, 2007).

Bu amaçla, ülkemizde bol miktarda yetişen kuşburnu meyvesinden fonksiyonel, katma değerli bir ürün oluşturulması amaçlanırken, aynı zamanda da literatürde yeni bir konsept olarak karşımıza çıkmakta olan gıda-matris etkileşimleri ve biyoyararlılık arasındaki ilişki detaylı bir şekilde analiz edilmek suretiyle diyet fiberi olarak yüksek metoksilli pektin (HMP) ve düşük metoksilli pektin (LMP) kullanılarak kuşburnu püresinin biyoaktif bileşiklerinin *in vitro* sindirimi konusu işlenecektir. Kullanılacak diyet liflerinde düşük metoksilli pektinin sıklıkla çalışılan yüksek metoksilli pektinle kıyaslandığı ilk çalışma olacaktır. Ayrıca, kuşburnu meyvesinin biyoyararlılığı üzerinde yapılmış detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Özet olarak bu çalışmada, farklı tür ve miktarda pektin ilavesinin kuşburnu meyvesinde bulunan *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası toplam fenolik madde miktarı, fenolik madde profili, karotenoid profili ve toplam antioksidan kapasitesine yönelik etkisi çalışılarak hangi örneğin daha yüksek biyoerişilebilirliği sağlayacağını belirlenmesi mümkün olacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR BİLGİSİ

2.1. Kuşburnu Meyvesi (*Rosa canina* L.)

Dünyada yetişmekte olan 200 farklı kuşburnu çeşidinin tanımlanmış olduğu ve bunlardan 3'ü endemik olmak üzere, 35 tanesinin Türkiye'de yetişmekte olduğu bildirilmiştir (Boyacı vd., 2021). Bunlardan biri olan *Rosa canina* L., ülkemizde yabani olarak yetişmekte olan, *Rosaceae* (Gülgiller) familyasına ait çok yıllık bir çalı olup, taksonomik sınıflandırması Tablo 2.1.'de sunulmuştur.

Tablo 2. 1. Kuşburnu meyvesinin taksonomik sınıflandırması

Bölüm	<i>Magnoliophyta</i>
Sınıf	<i>Magnoliopsida</i>
Altsınıf	<i>Rosidae</i>
Takım	<i>Rosales</i>
Familya	<i>Rosaceae</i>
Cins	<i>Rosa</i>
Tür	<i>Rosa canina</i> L.

Kuşburnu (*Rosa canina* L.), halk arasında göbek gülü, yaban gülü, deli gül, itburnu, şillan gibi isimlerle de anılmaktadır. Bitki genel itibariyle 1-2 metre yüksekliğe sahip olup, ışık alan bölgelerde doğal olarak yetişmektedir. Görünüş itibariyle oval şeklinde, kırmızı renkli ve bol çekirdekli bir meyve olup, yaklaşık olarak 3-5 gram ağırlığına sahiptir. Meyve, türüne göre 10 ila 60 adet çekirdek barındırır ve çekirdek kısmı tüylü bir yapıya sahiptir (Şekil 2.1). İlkbahar aylarında çiçek açmakla birlikte, tam anlamıyla olgunlaşması genellikle sonbahar aylarına denk gelmektedir (Aydemir, 2012). Düşük sıcaklık ve kuraklığa karşı dirençli bir bitki olması nedeniyle, Orta Asya'dan Avrupa'ya, Afrika'dan Rusya'ya uzanan, oldukça geniş bir coğrafyada yayılım göstermektedir (Öz vd., 2018).

Ülkemizde yaygın olarak bir çok yörede yetiştiği bilinen kuşburnu meyvesi, özellikle Orta ve Kuzeydoğu Anadolu'da bol miktarda bulunmaktadır (Yamankaradeniz, 1983).

Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından yayınlanan verilere göre, kuşburnu meyvesi ülkemizde 102.113 hektar alanda yayılış göstermekte ve yılda 8.019.008 kg kuşburnu toplanılacak mahiyette, potansiyel bir servet olarak karşımıza çıkmaktadır (OGM, 2020). Buna rağmen ülkemizde, kuşburnu meyvesinin ticari olarak değerlendirilmesi ve katma değerli ürünler oluşturulması oldukça yeni bir konsepttir. Dolayısıyla ülkemizde yüksek miktarda yetişen kuşburnu meyvesinin hakettiği değeri görmesi; içerisinde bulundurduğu biyoaktif maddelerin tespiti, biyoerişilebilirliğinin saptanması ve iyileştirilmesi ile farklı market potansiyellerinin araştırılması sonucunda mümkün olabilecektir.



Şekil 2. 1. Kuşburnu meyvesi (*Rosa canina* L.)

Kuşburnu, içerdiği yüksek C vitamini konsantrasyonu ve fenolik bileşikleri sayesinde yüksek antioksidan kapasiteye sahip olmasıyla oldukça değerli, fonksiyonel nitelikte bir meyve olduğu yapılan çalışmalar tarafından desteklenmektedir. Dolayısıyla hem geleneksel hem de modern toplumda kuşburnu ve preparatları sağlığı koruma ve iyileştirme açısından önemli hammaddeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle içerisinde bulunan hidrokisisinamik asit, kuersetin, kateşin ve kaemferol gibi fenolik bileşikler, kuşburnu meyvesini insan sağlığı açısından önemli bir noktaya taşımaktadır (Koca vd., 2008). Bu doğrultuda, ülkemizde yaygın bir şekilde çay ve marmelat olarak tüketilen kuşburnu, Anadolu'da bir çok bölgede yetişmesinden ötürü geleneksel olarak soğuk algınlığı ve grip gibi enfeksiyonların ve hemoroit, ülser gibi rahatsızlıkların tedavisinde de yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir (Koca vd., 2008; Orhan ve Hartevioglu, 2013). Ülkemizde yaygın olarak reçel, marmelat ve çay olarak işlenen kuşburnu, Avrupa ülkelerinde ise bir çok alanda kuşburnu ekstraktı olarak ilaç

sektöründe ve bebek mamalarının, meyve sularının ve çayların zenginleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Özdemir vd., 1998). Dünya genelinde kuşburnu kullanılarak formüle edilmiş bazı gıda takviyeleri ve kullanım amaçları Tablo 2.2.'de verilmiştir.

Tablo 2. 2. Kuşburnu içeren gıda takviyeleri ve kullanım amaçları

Marka	Ülke	Aktif Madde (Porsiyon)	Kullanım Amacı
CH Alpha Plus	Almanya	5g kolajen hidrolizat, 730 mg kuşburnu ekstresi, 57 mg vitamin C	Takviye edici gıda
VeNatura	Türkiye	300 mg beta glukan, 120 mg vitamin C 100 mg ekinezya ekstresi 50 mg kuşburnu ekstresi 15 mg çinko	Bağışıklık sistemi güçlendirici
Solgar	ABD	500 mg vitamin C 75 mg kuşburnu ekstresi	Vitamin takviyesi
Genblast Trio	Hindistan	307.5 mg akgünlük ekstresi 275 mg kuşburnu ekstresi 100 mg şeytan pençesi ekstresi	Osteoartrit
Gemiol Plus D3	İtalya	73 mg <i>Betula pubescens</i> ekstraktı, 72 mg <i>Abies pectinata</i> ekstraktı, 30 mg <i>Ribes nigrum</i> ekstraktı, 30 mg <i>Rosa canina</i> ekstraktı, 4,5 mg laktoferrin	Takviye edici gıda, anemi
Litozin Double	Danimarka	2.250 mg kuşburnu ekstresi 80 mg vitamin C	Romatoid artirit
Imuneks Plus	Türkiye	300 mg acerola ekstresi 100 mg kuşburnu ekstresi 20 mg beta glukan	Bağışıklık sistemi güçlendirici
Ocean	Türkiye	500 mg vitamin C 50 mg kuşburnu ekstresi 25 mg hesperidin 15 mg rutin	Bağışıklık sistemi güçlendirici
Osteo-r-flex	Hindistan	245 mg kuşburnu ekstresi 100 mg şeytanpençesi ekstresi 50 mg akgünlük ekstresi	Osteoartrit ve romatoid artirit
Vitagreen	Hindistan	500 mg kuşburnu ekstresi	Romatoid artirit
Troo Healthcare	İngiltere	5000 mg kuşburnu ekstresi 12 mg vitamin C	Osteoartrit ve romatoid artirit
Earthborn Elements	ABD	750 mg kuşburnu ekstresi	Antioksidan takviyesi

2.1.1. Kuşburnu meyvesinin bileşimi ve sağlık üzerine etkileri

Olgun bir kuşburnu meyvesi %30 ila 47.50 arasından bir kuru madde içeriğine sahipken, suda çözünür kurumadde oranı %21.5 civarındadır. Toplam asitlik değeri ise (malik asit cinsinden) %1.01 olarak hesaplanmış, literatürde ise %0.09 ila 1.85 değer aralığında sonuçlara rastlamak mümkündür (Yamankaradeniz, 1983). Bunun yanı sıra (Ercisli, 2007b), kuşburnunda bulunan askorbik asit miktarının 727 mg/ 100 mL ila 943 mg/100 mL arasında değiştiğini belirtmiş, öte yandan (Medveckienė vd., 2021) ise bu miktarın 1574.13 mg/100 g olduğunu bildirmiştir.

Tablo 2. 3. Kuşburnu meyvesinin kimyasal bileşimi

Toplam Kurumadde (%)	30.48	Suda Çözünür Kurumadde (%)	21.5
Askorbik Asit (mg/100g)	2411	Toplam Asitlik (%) (Malik Asit)	1.01
Toplam Şeker (%)	11.97	Invert Şeker (%)	9.98
Sükroz (%)	1.89	Kül (%) (Kurumaddede)	6.10
Protein (%)	9.82	Selüloz	3.03

Kaynak: Yamankaradeniz, 1983

Kuşburnu meyvesi, proantosiyanidin ve flavonoidler gibi polifenolik bileşiklerle birlikte yüksek oranda C vitamini içerdiğinden ötürü antioksidan aktivite göstermektedir. Bu sebeple oksidatif stresi azaltmada ve superoksit dismutaz ve katalaz gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini arttırmada önemli rol oynamaktadır (Yoo vd., 2008).

Literatür incelendiğinde kuşburnu meyvesinin antibakteriyel, anti-tümör, antiminflamatuar, antiviral ve antidiyareik olmak üzere sağlık üzerinde birçok etkisi olduğu görülmektedir. Fas'da yapılan bir çalışmada kuşburnu ekstresinin sivrisinekler tarafından taşınmakta olan Sinbis virüsü suşları üzerinde antiviral özellik gösterdiği belirlenmiştir (Mouhajir vd., 2008) Bir başka çalışmada ise antibiyotiklere karşı direnç

gösteren, metisiline dirençli *Staphylococcus aureus* suşu, kuşburnu ekstresinde bulunan polifenolik bileşikler tarafından bazı proteinleri inaktive edilerek antibakteriyel etki gösterdiği bildirilmiştir (Shiota vd., 2000; Shiota vd., 2004).

Kuşburnu meyvesinin özellikle osteoartirit ağrılar üzerindeki etkinliği hakkında oldukça iç açıcı bulgular bulunmaktadır. Danimarka’da yapılan bir çalışmada Hyben Vital isimli bir kuşburnu preparatının antiinflamatuvar aktivitesi incelenmiştir. Çalışma, ortalama yaşları 52 olan 4 osteoartirit hastası ve 4 sağlıklı olmak üzere 8 erkek gönüllü üzerinde yapılmıştır. Gönüllülere 1 ay boyunca günde 45 gram kuşburnu preparatı kullanılmış ve sonrasında ise miktar 10 gram olarak devam etmiştir. Çalışmanın sonunda hem osteoartirit kaynaklı hem de diğer kaynaklı vücut ve eklem ağrılarında büyük ölçüde azalma görüldüğü bildirilmiştir (Winther vd., 1999). Benzer bir çalışmada 100 adet osteoartirit hastası kadın ve erkek gönüllülerin yarısına 4 aylık Hyben Vital takviyesi uygulanırken, diğer yarısına uygulanmamıştır. Sonuç olarak osteoartirit hastalarının yürümek, oturup kalkmak gibi günlük aktivitelerinde iyileşme gözlemlenmiştir (Warholm vd., 2003). Benzer şekilde çift kör, plasebo kontrollü çapraz çalışmada diz, kalça, omuz veya boyun ağrısı şikayetleri olan 112 hasta incelenmiş ve 3 ay boyunca günde 5 gram standardize kuşburnu tozu alan hastaların kas ağrılarında ve sertliğinde anlamlı bir azalma olduğu, bununla birlikte genel refah ve uyku kalitelerinde iyileşme olduğu bildirilmiştir (Rein vd., 2004).

Kuşburnu meyvesi geleneksel olarak diyabetin tedavisinde ve önlenmesinde Anadolu’da sıklıkla kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar da bu geleneksel yöntemin doğruluğunu destekler niteliktedir. Diyabetik farelerde kuşburnunun hipoglisemik etkileri baskıladığı bildirilmiştir. Yine fareler üzerinde yapılan bir çalışmada glikoz yüklemesinden sonra kanda glikoz seviyesini önemli miktarda düşürerek kilo alımını ve damarlarda yağlanmayı engellemede rol oynadığı görülmüştür (Ninomiya vd., 2007). Çift kör, randomize bir çalışmada 31 obez gönüllüye (normal ya da yetersiz glikoz toleransı), 6 hafta boyunca kuşburnu tozu içeren ve içermeyen içecek verilmiş ve süre sonunda vücut ağırlığı, glikoz toleransı, kan basıncı ve enflamasyon markörleri incelenmiştir. Kuşburnu içeren içecek verilen grupta kuşburnu içermeyen gruba kıyasla sistolik kan basıncında, toplam plazma kolesterolde ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) miktarında anlamlı bir azalış gözlemlenmiştir. Bununla birlikte vücut ağırlığı, glikoz toleransı, yüksek yoğunluklu lipoprotein miktarı ve enflamasyon

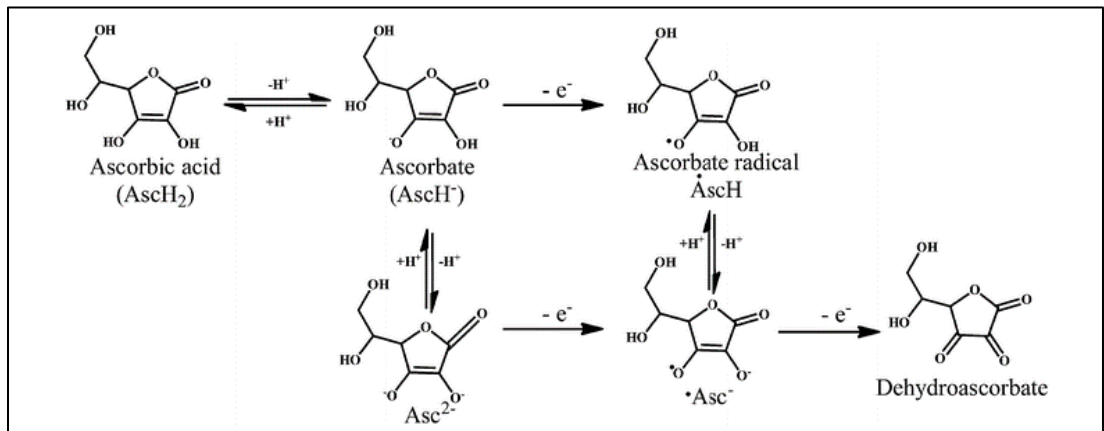
markörleri incelendiğinde iki grup arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir (U. Andersson vd., 2012).

2.1.2. Kuşburnu meyvesindeki antioksidan bileşenler

2.1.2.1. C vitamini

Antioksidan denildiğinde ilk akla gelen bileşiklerden biri olan C vitamini, $C_6H_8O_6$ kimyasal formülüne sahip, 6 karbonlu, suda çözünen bir laktondur. Askorbik asit olarak da bilinir. Askorbik asit, moleküler oksijenin indirgenmesinde önemli rol oynamakta ve sulu ortamda serbest radikallerle tepkimeye girerek oksidasyonu önleme/geciktirme özelliği taşımaktadır (Şekil 2.2.). Bu özelliğinden dolayı askorbik asit vücutta;

- Plazmada bulunan oksidanlara karşı savunma,
- Düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) oksidasyonunu önleme ve ateroskleroza karşı koruma,
- Kolajen ve epinefrin sentezi,
- Kıkırdak ve kemik gelişimi,
- Demir emilimi,
- İmmun sistemin güçlenmesi,
- Yaraların iyileşmesi ve
- Safra oluşumu gibi mekanizmalarda görev almaktadır (Çakır Atabek ve Özdemir, 2009; Memişoğulları, 2005).



Şekil 2. 2. C vitamininin antioksidan mekanizması

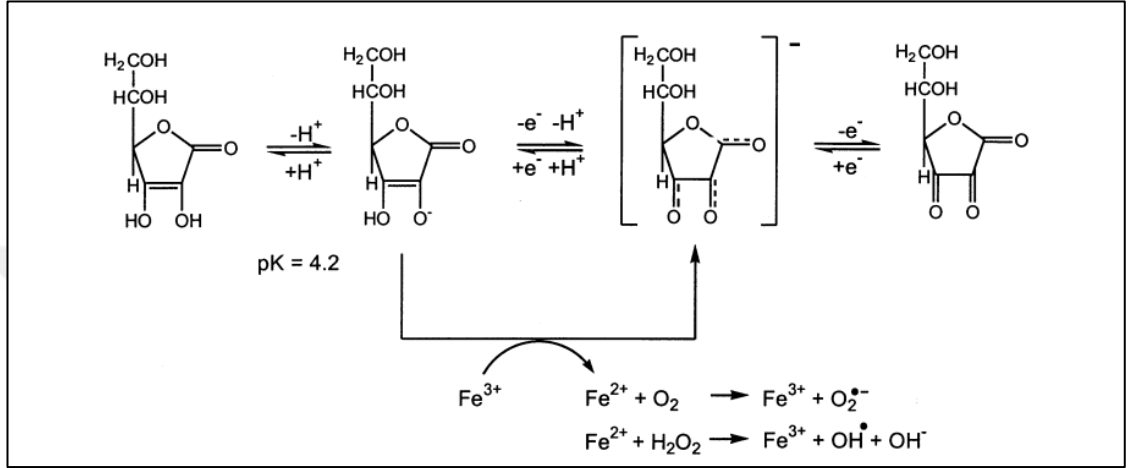
Bir çok hayvan endojen olarak C vitamini sentezleyebilse de, insanlarda gulonolakton oksidaz enzimini kodlayan gende medana gelen mutasyonlardan ötürü askorbat sentezi gerçekleşmemektedir. Dolayısıyla C vitamini ihtiyacı ancak dışarıdan, doğal yollarla veya gıda takviyeleri ile karşılanabilmektedir (Grosso vd., 2013). C vitamininin vücutta eksikliği kolajen fibrillerinin düzgün bir şekilde oluşumunu engelleyerek iskorbüt hastalığına sebep olmakta ve sonucunda ise deride ve kan damarlarında lezyon oluşumu, yorgunluk, yaraların geç iyileşmesi, osteoporoz ve anemi gibi bir takım rahatsızlıklar gözlenebilmektedir (Magiorkinis vd., 2011). İskorbütün yanı sıra erken yaşlanma, mental hastalıklar, böbrek hastalıkları ve malabsorpsiyon da düşük C vitamini seviyelerinden kaynaklanabilen risk faktörleri olarak bazı çalışmalar tarafından bildirilmiştir. İskorbüt hastalığının önüne geçmek için günde 10 mg C vitamini alımının yeterli olduğu bilinse de, günümüzde tavsiye edilen günlük alınması gereken miktar (RDA: Recommended dietary allowance) yetişkin kadınlarda 75 mg/gün, yetişkin erkeklerde ise 90 mg/gün olarak belirlenmiştir (Grosso vd., 2013)

Yapılan çeşitli çalışmalar C vitamininin kardiyovasküler rahatsızlıklar ve kanser üzerinde önleyici etkisinin bulunduğunu göstermektedir. Yapılan bir çalışmada ileri derece kanser hastalarının yüksek C vitamini alımlarında yaşam sürelerinin kontrol grubuna kıyasla %20 daha uzun olduğu bildirilmiştir (Cameron ve Pauling, 1976). 61 63 Ayrıca hastaların genel durumunda iyileşme ve ağrıyı azaltma gibi etkilerinin olduğu da literatürde yer almaktadır (Günes-Bayir ve Kiziltan, 2015).

Düşük dozlarda (30-100 mg/kg vücut ağırlığı) antioksidan özellik gösteren C vitamini, yüksek dozlarda (1000 mg/kg vücut ağırlığı) ise pro-oksidan özellik gösterebilmektedir. Ayrıca demir ve bakır minerallerini indirgeyerek de pro-oksidan etkisi ortaya çıkabilmektedir (Sotler vd., 2019). C vitamininin pro-oksidan olarak da rol oynaması, özellikle anti-tümör aktivitesi açısından önem arz etmektedir. Pro-oksidan özelliği sayesinde (Şekil 2.3.), reaktif oksijen türlerini meydana getiren hidrojen peroksidin oluşumunu stimüle etmesi sonucu kanser hücreleri üzerinde direkt olarak sitotoksik etki yaratabilmektedir (van Gorkom vd., 2019).

C vitamini insan vücudu tarafından sentezlenemediği için, gerek doğal yollardan, C vitaminince zengin gıdalar tüketilmesi yoluyla, gerek gıda takviyeleri aracılığıyla alınabilmektedir. Çoğunlukla günlük diyetten alınan C vitamini yeterli olmaktadır. Özellikle C vitamini açısından zengin dediğimiz maydonoz, yeşil biber, portakal, limon ve mandalina gibi sebze-meyvelerin tüketimi bu noktada önem arz etmektedir.

Kara ve Okyay (2008) tarafından yapılan bir çalışmada maydonozda 163 mg/100 g, portakalda 25 mg/100g, limonda 22 mg/100 g ve yeşil biberde 58 mg/100 g C vitamini saptanmıştır. Bir başka çalışmada ise brokolide 89-148.2 mg/100 g, greyfurtta 8.7-27 mg/100 g, portakalda 44-78.1 mg/100 g, ıspanakta ise 43.3-67.7 mg/100 g C vitamini bulunduğu bildirilmiştir (Vanderslice ve Higgs, 1991).



Şekil 2. 3. C vitamininin pro-oksidan mekanizması

Öte yandan kuşburnu meyvesi ile yapılan çalışmalar incelendiğinde, (Kazaz vd. (2009) tarafından, kuşburnu meyvesinde 411 mg/100g, kabuğunda 2200 mg/100 g ve çekirdeğinde ise 306 mg/100 g askorbik asit bulunduğu saptanmıştır. Ardahan yöresine ait kuşburnu meyveleri ile yapılan bir çalışmada ise askorbik asit miktarları *R.pimpinellifolia* türünde 24.93 mg/100 g, *R.canina* türünde ise 754.48 mg/100 g olarak tespit edilmiştir (Murathan vd., 2016). Roman vd. (2013) tarafından 8 farklı kuşburnu türü incelenmiş ve C vitamini miktarının 112.2 ila 360.2 mg/100 g arasında değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. Nojavan vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada ise kuşburnu meyvesinin C vitamini miktarının oluşum süresince 417.5 mg/100 g'a kadar ulaştığı, ve bu miktarın portakalda bulunan miktardan 6 kat daha fazla olduğu öne sürülmüştür. Van yöresinden toplanan kuşburnu meyvelerinin ise 604 ila 1032 mg/100 g arasında C vitamini ihtiva ettiği Çelik vd. (2009) tarafından bildirilmiştir. Ercişli vd. (2000) ise bu miktarı 1074-2962 mg/100 g olarak bildirmiştir. Yapılan çalışmalarda C vitamini miktarının değişkenlik göstermesi ekolojik faktörlere, meyvenin olgunlaşma durumuna, iklim koşullarına, hasat zamanına ve yetiştiği

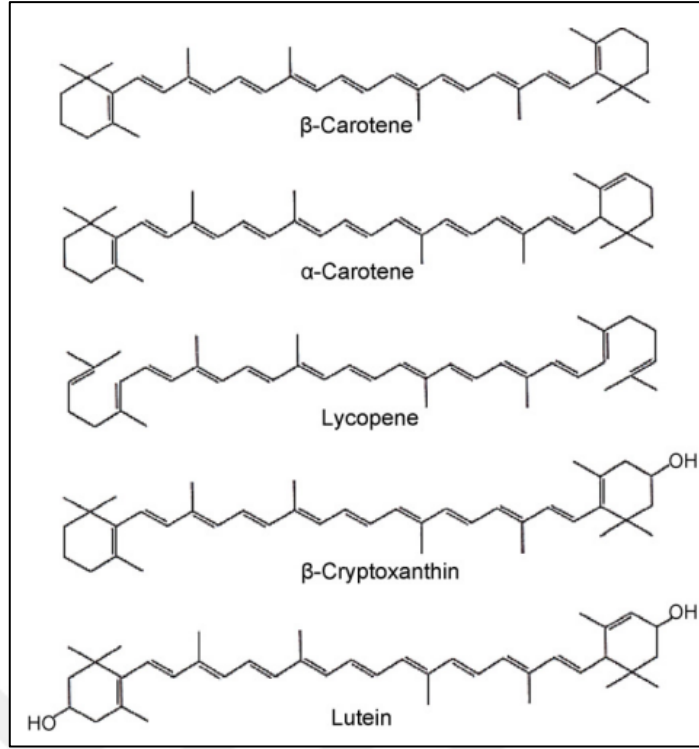
bölgenin toprak özelliklerine bağlanmıştır. Ayrıca yüksek rakımda yetişen kuşburnu meyvelerinin daha fazla ışık alması ve daha az oksijene maruz kalması sebebiyle c vitamini açısından daha zengin olduğu bildirilmiştir. Işığa maruziyet meyvede karoten miktarını arttırarak askorbik asidi korumakta, aynı zamanda düşük oksijen seviyesi de oksidatif stresi azaltarak askorbik asitin yıkımını azaltmaktadır (Yamankaradeniz, 1983).

Sonuçta kuşburnu meyvesini diğer sebze ve meyvelerle kıyasladığımızda yaklaşık olarak 6 kat fazla C vitamini ihtiva etmektedir. Bu miktar portakalla kıyaslandığında, 20 gram (4 adet) kuşburnu meyvesinin bir adet portakala eşdeğer miktarda C vitamini ihtiva edebildiği sonucuna varılmaktadır. Dolayısıyla kuşburnunun C vitamini açısından en zengin meyveler arasında yer aldığı ve sağlık açısından önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir.

2.1.2.2. Karotenoidler

Karotenoidler, bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından sentezlenebilen fakat hayvanlar tarafından sentezlenemeyen renkli bileşikler grubudur. İnsan beslenmesinde meyveler ve sebzeler başlıca karotenoid kaynaklarıdır ve karotenoidler meyve sebzelerin sarı, turuncu ve kırmızı renklerinden sorumludur. Doğada şimdiye kadar 600'den fazla karotenoid tespit edilmesine rağmen, bunların yalnızca 40 tanesi insan beslenmesinde yer almaktadır ve bu miktarın %90'ı β -karoten, α -karoten, likopen, lutein ve kriptoksantin (Şekil 2.4.) tarafından karşılanmaktadır (Rao ve Rao, 2007).

Bütün karotenoidler ortak olarak uzun bir konjüge hidrokarbon zincirinden oluşmakta ve merkezdeki çift bağın etrafında bir simetri oluşturmaktadırlar. Farklı karotenoidler temel olarak ana iskeletteki farklılıklardan ve sonda bulunan grupların "cyclization" özellikleri ile birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Bu farklılıklar da karotenlerin kendine has renklerinin ve antioksidan özelliklerinin oluşmasında etkili olmaktadır. Yüksek miktarda doymamış bağlar içermelerinden ötürü oksidasyona meyillidirler ve bu sebeple antioksidan olarak görev yapmaktadırlar. Ayrıca bu özelliklerinden dolayı pH değişimleri, sıcaklık ve ışık gibi faktörlerden kolaylıkla etkilenebilmekte ve dolayısıyla besin değerlerinde kolaylıkla kayba uğrayabilmektedirler (Rao ve Rao, 2007).



Şekil 2. 4. Bazı karotenlerin kimyasal yapısı

Karotenoidlerin sağlık üzerine olumlu etkileri epidemiyolojik çalışmalar tarafından kanıtlanmıştır. Özellikle yeterli dozda karotenoid alımının bazı kronik rahatsızlıkların oluşum riskini azalttığı bildirilmekte ve bu önleyici etkisi de karotenlerin antioksidan özelliklerine atfedilmektedir. Karotenlerin literatürde bildirilen, sağlık üzerine faydalarından bazıları şunlardır:

- Provitamin A aktivitesi gösteren karoten bileşikleri sağlıklı epitel hücre diferensiyasyonunu ve görme fonksiyonunu desteklemektedir.
- Hem provitamin A aktivitesi gösteren (β -carotene, α -carotene ve kriptoksantin) hem de göstermeyen (lutein, zeaksantin ve likopen) karotenler serbest radikal süpürücü olarak görev yapmakta ve dolayısıyla kanserli hücre gelişimini baskılayabilmektedir.
- Antioksidan özelliklerinden dolayı bağışıklık sistemini güçlendirmektedir (Kopsell ve Kopsell, 2010a).

Yapılan bir çalışma, farklı karoten türlerinin karışımını barındıran çeşitli meyve-sebzelerin tüketilmesinin, karoten takviyelerinin yanı sıra, kanser ve göz hastalıkları üzerinde daha etkili bir biçimde rol oynadığını bildirmektedir (Johnson vd., 2000).

Karotenlerin sağlık üzerine olumlu etkilerinden gün geçtikçe daha çok bahsedilmekte ve dolayısıyla araştırmacılar karotenlerin biyoerişilebilirliği ve biyoyararlılığı üzerine çalışmalarını yoğunlaştırmaktadırlar.

Karotenlerin biyoerişilebilirliğinin incelendiği bir çalışmada, pektin miktarının biyoerişilebilirlik ile ters orantılı olduğu bildirilmiş ve yapı olarak *R.canina* türünün *R.rugosa* türünden daha fazla pektin içermesinin *R.canina* meyvesinde bulunan karotenlerin daha az biyoerişilebilir olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Yine gıda proseslerinden kaynaklanan (ısıl işlem, parçalama, ezme vb.) disintegrasyonların, karotenlerin biyoerişilebilirliğini arttırdığı bildirilmiştir (Al-Yafeai ve Böhm, 2018).

Literatürde β -karoten ve likopen dışındaki karotenoidler hakkından sınırlı sayıda biyoyararlılık çalışması bulunmaktadır. Karotenoidlerin emilimi etkileyen faktörler şunlardır:

- Pişirme ve parçalama gibi gıda prosesleri dokuları parçalayarak karotenoidlerin salınımını arttırmakta ve emilimini arttırmaktadır
- Gıda-matris etkileşimleri
- Diyetle alınan lipid miktarı
- Karotenoidlerin fiziko-kimyasal yapısı

Karotenoid ailesinin bir mensubu olan likopen, bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından sentezlenebilen fakat insanlar ve hayvanlar tarafından sentezlenemeyen, yağda çözünebilen bir antioksidandır. Likopen yapı olarak, yüksek miktarda doymamış bağ içeren, uzun ve açık bir hidrokarbon zincirine sahiptir. Domates gibi bir çok meyve ve sebzenin kırmızı reengi likopenden kaynaklanmaktadır. Diğer karotenlerin aksine, likopen provitamin A aktivitesi göstermemekte ve yapısında terminal β -iyonik halka barındırmamaktadır (Al-Yafeai ve Böhm, 2018; Kopsell ve Kopsell, 2010a).

Kuşburnu meyvesi son yıllarda içerdiği karoten miktarı ile dikkat çekmektedir. Yapılan bir çalışmada çeşitli kuşburnu meyveleri incelenmiş ve toplam karoten miktarı kuru maddede (km) 8.67-49.51 mg/100g, β -karoten 3.95-31.40 mg/100 g, a-caroten 0.80-6.11 mg/100 g, lutein 1.55-6.06 mg/100 g, zeaxanthin 0.23-0.32 mg/100 g, cis-likopen 0.25-1.44 mg/100 g ve trans-likopen miktarı ise 0.93-4.18 mg/100 g olarak bildirilmiştir (Medveckiene vd., 2020).

Tablo 2. 4. Farklı meyve ve sebzelerde bulunan likopen ve β -karoten miktarları.

Meyve ve Sebzeler	β -karoten miktarı	Likopen Miktarı	Referans
Domates	-	8.8-42.0 μ g/g taze meyve	(Rao ve Rao, 2007)
Karpuz	-	23.0-72.0 μ g/g taze meyve	
Kayısı	-	<0.1 μ g/g taze meyve	
Elma	72 μ g/100g taze meyve	209 μ g/100g taze meyve	(Setiawan vd., 2001)
Mango	553 μ g/100g taze meyve	353 μ g/100g taze meyve	
Muz	97 μ g/100g taze meyve	114 μ g/100g taze meyve	
Karpuz	592 μ g/100g taze meyve	11389 μ g/100g taze meyve	
Brokoli	480-1080 μ g/100g kuru madde	TE	(Mangels vd., 1993)
Kavun	3000 μ g/100g kuru madde	TE	
Kuşburnu püresi (konserve)	420 μ g/100g kuru madde	780 μ g/100g kuru madde	
Domates	520 μ g/100g kuru madde	3100 μ g/100g kuru madde	
Guava	812 μ g/100g kuru madde	5400 μ g/100g kuru madde	
Balkabağı	3100 μ g/100g kuru madde	TE	
Kuşburnu meyvesi	0.268 mg/mL ekstrakt	0.050 mg/mL ekstrakt	(Ghazghazi vd., 2010)

*TE: Tespit edilemedi

Kuşburnu meyvesi β -karoten miktarı açısından oldukça zengin bir meyvedir. Madveckien vd. (2020) göre, bazı kuşburnu türleri (örn. *Rosa villosa*) literatürde daha önce çalışılmış ve β -karotene zengin olan bir havuç türünden (*Daucus carrota* L.) çok daha yüksek miktarda β -karoten içermektedir. Havuçta β -karoten miktarı 3.2 ila 6.1 mg/100 g yaş baz (yb) arasında değişirken kuşburnunda 31.4 mg/100 g km olduğu bildirilmiştir (Kopsell ve Kopsell, 2010b; Medveckiene vd., 2020). İsveç'te yapılan bir çalışmada kuşburnu meyvesinde bulunan β -karoten miktarı 102.72 ila 236.23 μ g/g km olarak bildirilmiştir (S. C. Andersson vd., 2011). Portekiz'de yetişen farklı

kuşburnu çeşitlerinde ise 1.29 mg/100 g km β -karoten tespit edilmiş olup, bu miktar likopen için 0.51 mg/100 g olarak bildirilmiştir (Barros vd., 2010). Yapılan benzer bir çalışmada olgun kuşburnu meyvelerinde β -karoten miktarı 97.77 mg/100 g km ve likopen miktarı da 0.41 mg/100 g km olarak bildirilmiştir (Barros vd., 2011a). İspanya'nın farklı bölgelerinden toplanan kuşburnu meyvelerinde toplam karotenoid miktarı 18.07 mg β -karoten/100 g olarak tespit edilmiştir (Egea vd., 2010). Ghazghazi vd. (2010)'a göre Tunus'un farklı bölgelerinden alınan kuşburnu örneklerinin ortalama β -karoten miktarları 0.268 mg/mL, likopen miktarları ise 0.050 mg/mL olarak verilmiştir. Gao vd. (2000) β -karoten miktarını 0.34 mg/g km olarak rapor ederken, Rosu vd. (2011) ise 34.32 mg/100 g (taze meyve), Kazaz vd. (2009) 3.25 μ g/g (taze meyve) olarak bildirmiştir.

Karoten miktarlarında görülmekte olan bu değişim meyvenin yetiştiği bölge ve yetiştirme koşulları, hasat zamanı, ekstraksiyon yöntemi gibi koşullara bağlı olması sebebiyle çalışmalar arasında bazı farklılıklar görülebilmektedir.

2.1.2.3. Fenolik bileşikler

Fenolik bileşikler bitkilerde en yaygın şekilde bulunan ve pentoz fosfat (PP), şikimat (SK) ve fenilpropanoid (PhP) yollarıyla biyosentezlenen ikincil metabolitlerdir. Yapılarında bir veya birden fazla hidroksil grubu içeren bir aromatik halka barındırırlar. Günümüze kadar yaklaşık 8000 fenolik bileşik tespit edilmiş olmakla birlikte bitkilerden izole edilmiş olan fenolikler arasında flavonoidler, ligninler ve lignanlar, tanninler, ksantonlar ve kumarinler bulunmaktadır (Anantharaju vd., 2016). Fenolik bileşiklerin genel sınıflandırılması Şekil 2.5'de verilmiştir.

Epidemiyolojik çalışmalar incelendiğinde fenolik bileşiklerin sağlık üzerine olumlu etkilerinin bulunduğu görülmektedir. Özellikle bitkisel kaynak olarak zengin bir diyet uygulayan toplumlarda çeşitli kanser türlerinin oluşum riskinin oldukça az olduğu bildirilmektedir (Wahle vd., 2010). Aynı zamanda kardivasküler hastalıkları önleme noktasında da fenolik bileşikler hakkında oldukça fazla çalışma bulunmaktadır. Fenoliklerin çoğunlukla antioksidan özelliklerinden kaynaklanan, sağlık üzerinde bilinen etkileri şunlardır:

- Vücudun bağışıklık sistemini güçlendirmek
- Tümör oluşumu için gerekli olan yeni kan damarlarının (angiogenesis) oluşumunu engellemek

- Kanser hücrelerini tanımak ve gelişimini engellemek
- Yaşlanmaya bağlı kalp rahatsızlıklarının gelişme riskini azaltmak
- Oksidatif stresten kaynaklanan kronik inflamasyon ve aterosklerosis gibi hastalıkların önüne geçmek (Hollman, 2001).

Fenolik bileşikler bitkilerin kök, yaprak ve meyve gibi farklı kısımlarında dağılım gösterebilmektedir. Örneğin meyvelerde yaygın olarak kafeik asit görülürken, tohumların dış tabakasında ise ferulik asite rastlanmaktadır. Özellikle tahıllar, baklagiller, çay, kahve, biberiye ve kekik fenolik bileşiklerce zengin gıdalar olarak bilinmektedir (Spencer vd., 2008). Bazı meyvelerde bulunan toplam fenolik madde miktarı Tablo 2.5.'de verilmiştir.

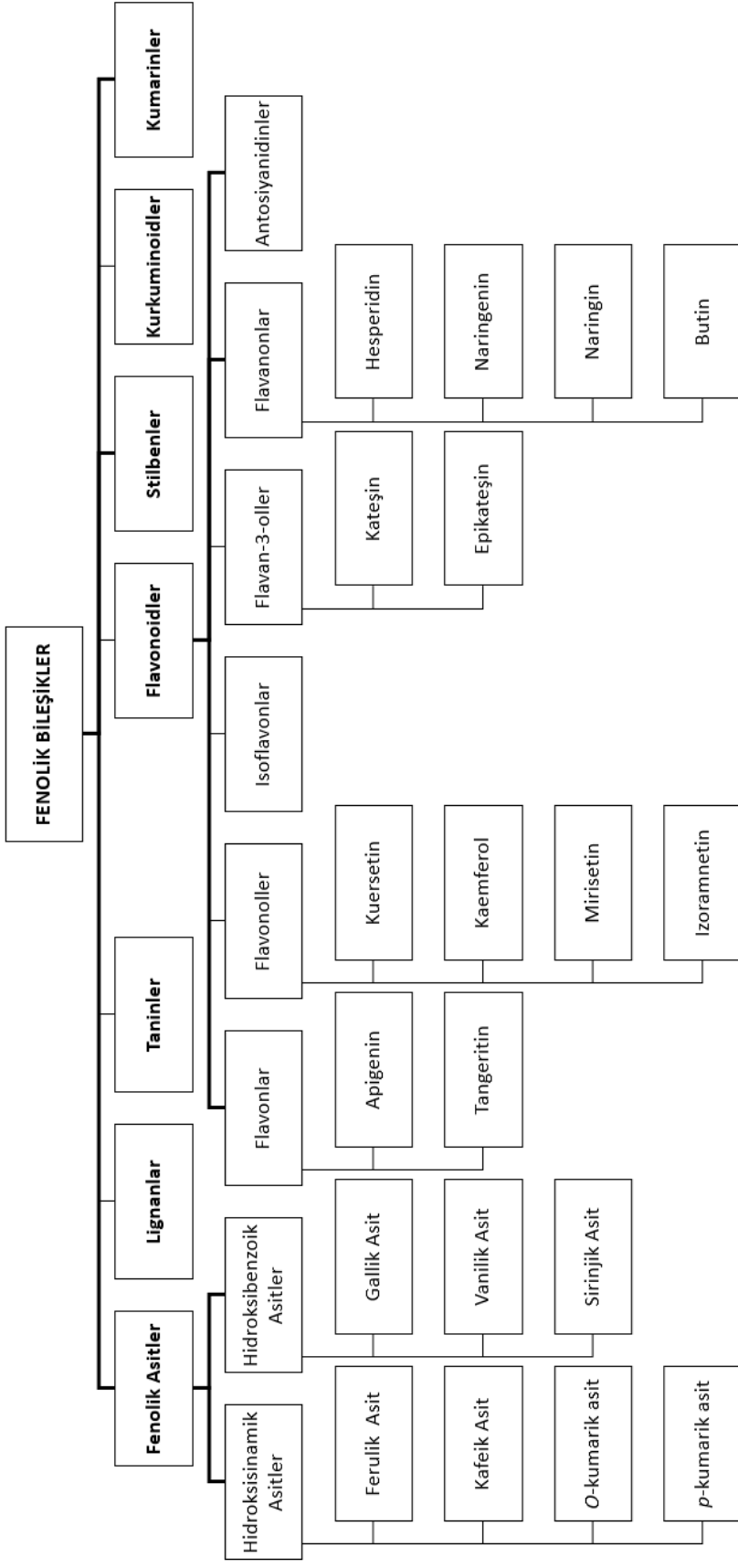
Tablo 2. 5. Bazı meyvelerin toplam fenolik madde miktarları

Meyve	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg/100g ekstrakt)	Başat Fenolik Madde
Kırmızı elma	73.96 ± 3.52	Klorojenik asit Kaempferol
Yabanmersini	46.24 ± 2.03	Gallik asit Kafeik asit
Vişne	114.56 ± 4.72	Kuercetin-3- <i>O</i> -galaktosit Kuersetin-3-rutinosit Klorojenik asit Kuersetin
Çeri domates	73.51 ± 2.03	Kuersetin-3-glikosit Luteolin
Kivi	87.54 ± 1.22	Kuersetin-3-rutinosit Protokateşuik asit Klorojenik asit
Cennet hurması	112.09 ± 4.60	(+)-kateşin (-)-epikateşin
Nar	146.94 ± 0.04	Siyanidin-3- <i>O</i> -galakosit 3- <i>O</i> -kaffeoilkuinik asit Kuersetin-3-glukosit
Siyah erik	88.28 ± 1.88	Kuersetin Luteolin Kaempferol
Kırmızı üzüm	80.28 ± 4.32	Delfinidin-3- <i>O</i> -glikosit Rutin

Kaynak: Fu vd., 2011

Literatürde kuşburnu meyvesinin fenolik madde miktarı hakkında çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Macaristan'da yapılan bir çalışmada kuşburnu (*Rosa canina*) meyvesinde suda çözünebilir toplam fenolik madde miktarı 150.8-299 mg GAE/100 g km olarak bildirilmiştir (Koczka vd., 2018). Benzer şekilde toplam fenolik madde miktarları Roman vd. (2013) tarafından 326 ila 575 mg GAE/100 g km, Fattahi vd. (2012) tarafından 180-225 mg GAE/100 g km, Yılmaz ve Ercisli (2011) tarafından 102 mg/100 g km ve Barros vd. (2011b) tarafından ise 149.35 mg GAE/g ekstrakt olarak bildirilmiştir. Öte yandan çok daha yüksek miktarlarda fenolik madde tespit etmiş olan çalışmalar da bulunmaktadır. Ercisli, (2007b) kuşburnu meyvesinde bulunan toplam fenolik madde miktarını 9600 mg GAE/100 g km olarak bildirirken, Demir vd. (2014) 3108 mg GAE/100 g km ve Nadpal vd. (2016) 6100 mg GAE/100 g km olarak bildirmişlerdir.

Yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmesinin temel sebebi coğrafi konum ve koşullar başta olmak üzere ekstraksiyon metodu ve solvent türü olarak bildirilmektedir (Koczka vd., 2018).



Şekil 2. 5. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması

2.2. Diyet Lifi İlavésinin *In-vitro* Biyoerişilebilirlik Üzerine Etkisi

Yukarıda bahsedilen biyoaktif bileşiklerin sağlık üzerine etkisini ele alan sayısız yayın bulunmaktadır. Fakat bu bileşiklerin düşük çözünürlük sergilemeleri ve bağırsak ortamına ulaşana kadar üst gastrointestinal sistemde parçalanmaları, dolayısıyla kolona ulaşamayarak vücut tarafından yeteri miktarda emilim sağlanamaması gibi sebeplerle arzu edilen faydaların görülmesi, yani biyoerişilebilirliği, bir noktada engellenmektedir (Tang vd., 2020). Bir gıdanın biyoerişilebilir olması için, gıdanın sindirim sırasında çözünerek bağırsak ortamına ulaşabilmesi ve bu ortamda emiliminin gerçekleşebilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla gıda matrisi içinden salınamayan ve bağırsak bariyerlerinden geçişi mümkün olmayan gıdalar biyoerişilebilir değildir. Öte yandan bağırsak sisteminde emilimi sağlanan, biyoerişilebilir gıdaların, hücre ve dokulara ulaşabilirliği ise biyoyararlılık terimi üzerinden açıklanır. Dolayısıyla biyoerişilebilir olmayan bir gıdanın biyoyararlılığının yüksek olması mümkün değildir (Dima vd., 2020).

Fenolik bileşiklerin pektin, selüloz ve gumlar gibi çeşitli diyet lifleriyle etkileşime girmesi sonucunda gastrointestinal sistemdeki biyoyararlılığının büyük ölçüde etkilendiği bilinmektedir. Diyet lifleri, bitki hücre duvarının sindirilmesi mümkün olmayan bileşenlerinin oluşturduğu, sindirim enzimlerinden ve asitten etkilenmeden kalın bağırsağa ulaşan, burada fermente edilerek kısa zincirli yağ asitlerinin oluşumuna katkı sağlayan ve bağırsak sağlığına katkıda bulunan fonksiyonel besin öğeleridir (Armstrong vd., 2021; Jha vd., 2019). Diyet lifleri bu yönleriyle aynı zamanda birer prebiyotik olarak görev almalarından ötürü, selektif olarak yararlı bağırsak bakterisi sayısında artışı destekleyerek immün sistem üzerinde de olumlu etkiler sağlamalarıyla bilinmektedir. Bu bakterilerin yokluğunda patojen bakterilerde artış görülmekte, sindirim kanalı zarar görmekte, enflamasyon artmakta ve besin emilimini sağlayan bariyerler hasar görmektedir (Carlson vd., 2018).

Diyet liflerinin sindirim sisteminden zarar görmeden geçebilme kabiliyetinden dolayı bu liflere, sindirim enzimlerine ve asite duyarlı fenolik bileşiklerin bağlanmasıyla biyoerişilebilirliklerinin artırılması konusunda yapılan çalışmalarda, bağlı olan fenoliklerin de bağırsak ortamına minimum kayıpla ulaşmasının sağlanabildiği görülmüştür. Çoğunlukla hasar görmeden kolona ulaşan bağlı fenolikler, kolonda

bulunan mikroflora yardımıyla diyet fiberlerinden ayrılmakta ve hedef ortamda salınımı sağlanmaktadır. Sindirim esnasında salınamayan, diyet fiberlerine bağlı halde bulunan bu fenolik bileşiklerin aynı zamanda mide-bağırsak sisteminde ve kolonda karşılaştıkları serbest radikalleri ve bunların yan ürünlerini bertaraf etme özelliklerinin bulunduğu yapılan çalışmalar sonucunda ortaya koyulmuştur (Karabulut ve Yemiş, 2019). Bu bağlamda fenolik bileşiklerin hasar görmeden kolona ulaştırılması için yaygın olarak pektin, inulin, aljinat, ksantan ve guar gum gibi diyet liflerinden literatürde çokça bahsedildiği görülmektedir.

Pektin, bitki hücre duvarında bulunan, suda-çözünür nitelikte bir diyet fiberi olmakla birlikte, diğer bir çok diyet fiberi gibi üst sindirim yolunda enzimatik yollarda parçalanmaya dayanıklı, bağırsak ortamında ise yararlı bakteriler tarafından fermente edilebilen bir besin maddesidir. Dolayısıyla farmasötik ve gıda sanayiinde kullanılabilirliği, fenolik maddelere afinite göstermesinden ötürü yaygın olarak araştırılmaktadır. Fakat pektin-fenol kompleksinin kolay bir şekilde üst sindirim yolunda ayrışabiliyor olması, farklı metilasyon derecelerindeki pektin türlerinin kullanılabilirliğinin araştırılması ihtiyacını doğurmuştur (Munarin vd., 2012). Bu doğrultuda, yüksek miktarda karboksil grubu içeren düşük metoksilli pektinlerin fenolik bileşikleri kuvvetli bir biçimde hapsederek hedef bölgeye daha az zayıyla ulaşabileceği öne sürülmüş (Oidtmann vd., 2012), fakat bu noktada literatürde özellikle biyoerişilebilirlik araştırmalarında yeterli kaynak bulunmamaktadır. Tomas vd., (2020) tarafından yapılan bir çalışmada böğürtlen fenoliklerinin biyoerişilebilirliğinin pektin ve inulin ilavesiyle arttığı görülmüştür. Öte yandan inulinin domates sosundaki flavonoidlerde bir azalmaya sebep olduğu (Tomas vd., 2018) ve nar taneleri incelendiğinde ise pektin ilavesinin fenolik madde kaybına sebep olduğu bildirilmiştir (Sengul vd., 2014). Dolayısıyla farklı gıda matrislerinde bulunan farklı miktarlardaki makro ve mikro bileşiklerin varlığı, aynı diyet lifiyle zenginleştirilmiş olsa dahi farklı sonuçlara sebep olabilmektedir (Kamiloglu vd., 2021).

Biyoaktif bileşiklerin sağlık üzerindeki potansiyel faydaları gün yüzüne çıktıkça, karotenler ve fenolikler gibi bileşiklerin biyoerişilebilirliği ve biyoyararlılığının tespiti üzerine çalışmalar da daha yaygın hale gelmiştir. Yapılan bir çalışmada pektin ilavesinin kuşburnu meyvesi (*R. canina* ve *R. Rugosa*), kuşburnu (*R.canina*) ürünleri (kuşburnu tozu, püresi ve reçeli) ve domates sosunda bulunan karotenler ve E

vitamininin biyoerişilebilirliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. *R.canina* türünde likopenin *R.rugosa* türüne göre biyoerişilebilirliğinin daha yüksek olduğu bildirilmiş, bunun sebebinin ise *R.rugosa* türünde doğal olarak bulunan pektin miktarının daha yüksek olduğundan kaynaklandığı söylenmiştir. Dolayısıyla pektin miktarı ile karoten biyoerişilebilirliğinin ters orantılı olduğu düşünölmektedir (Al-Yafeai ve Böhm, 2018).



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

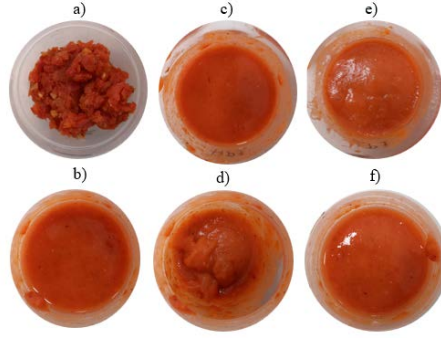
3.1. Materyal

3.1.1. Kuşburnu püresi örnekleri

Kuşburnu meyveleri Amasya bölgesinde yerel bir satıcıdan temin edilmiştir. Meyveler, sapları ve çekirdekleri ayıklandıktan sonra blenderdan geçirilmiş ve analiz edilinceye kadar -20°C’de muhafaza edilmiştir. Analizleri yapılmak üzere 6x100 gram set halinde tartımlar yapılarak meyve kontrol (MC) örneği hariç bütün örnekler (Tablo 3.1.) distile su ile belirli oranlarda seyreltilmiş ve pektin içeren örneklerde belirtilen oranlarda pektin ilaveleri yapıldıktan sonra Ultraturax cihazı ile 15 rpm’de 2 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Hazırlanan örnekler analiz edilinceye kadar -80°C’lik dolaplarda muhafaza edilmiştir. Hazırlanan örnekler Şekil 3.1.’de verilmiştir.

Tablo 3. 1. Numune kodları

Numune Adı	Numune Kodu (<i>In vitro</i> sindirim öncesi)	Numune Kodu (<i>In vitro</i> sindirim sonrası)
Meyve Kontrol	I-MC	B-MC
Meyve Püre	I-MP	B-MP
%2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi	I-HP1	B-HP1
%5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi	I-HP2	B-HP2
%2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi	I-LP1	B-LP1
%5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi	I-LP2	B-LP2



Şekil 3. 1. Kuşburnu örnekleri. a) meyve kontrol; b) meyve püresi; c) %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi; d) %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi; e) %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi; f) %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi

3.2. Metod

3.2.1. Ekstrakt hazırlama

Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu, (Capanoglu vd., 2008) tarafından bildirildiği şekilde uygulanmıştır. Kısaca her bir örnekten 2 ± 0.1 gram alınarak 5 mL, %0.1 formik asit içeren %75'lik metanol eklenmiş ve sonrasında 10 dakika boyunca önceden soğutulmuş ultrasonik banyoda tutulmuştur. Daha sonra örnekler 4°C 'de 10000 rpm hızda 2 dakika boyunca santrifüj edilmiş (Hitachi Koki Himac CR22N, Minnesota, United States) ve toplanan süpernatant yeni bir falkon tüpüne alınarak kalan kısım için işlem tekrarlanmış, toplanan süpernatantlar birleştirilmiştir. İşlem sonunda yaklaşık 5 mL ekstrakt elde edilmiştir. Hazırlanan ekstraktlar analiz edilmek üzere -20°C 'de muhafaza edilmiştir. Örneklerin antioksidan özelliklerini belirlemek için toplam fenolik madde, toplam antioksidan kapasitesi tayinleri yapılmış ve fenolik bileşiklerin profilleri HPLC ile belirlenmiştir.

Karotenoid ekstraksiyonu için her bir örnekten 1 ± 0.1 gram tartılarak 5 mL hekzan/aseton/etanol (50:25:25 v/v/v) çözeltisinden eklenmiş ve iyice vorteksledikten sonra 10000 rpm hızda 5 dakika santrifüj edilmiştir (Hitachi Koki Himac CR22N, Minnesota, United States). Elde edilen süpernatant cam test tüpüne alınarak azot gazıyla uçurulduktan sonra 2 mL tetrahidrofur:metanol (50:50 v/v) eklenerek PTFE filtrelerden geçirilmiş ve viallere doldurulmuştur.

3.2.2. Toplam fenolik madde

Toplam fenolik madde analizi yaygın olarak kullanılan Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapılmıştır (Velioglu vd., 1998). Fenolik madde içeriği gallik asit kullanılarak hazırlanmış olan kalibrasyon eğrisi yardımıyla hesaplanmış ve gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir. Bu yöntemde fenolik bileşiklerin bazik ortamda Folin-Ciocalteu ayracını indirgeyip oksitlenmiş forma dönüşebilme özelliklerinden yararlanılmıştır. İndirgenmiş olan ayracın meydana getirdiği mavi rengin fotometrik olarak ölçülmesiyle örnekte bulunan fenolik bileşiklerin miktarı hesaplanabilmektedir.

3.2.3. Antioksidan kapasitesi

Toplam antioksidan kapasitesi CUPRAC ve DPPH yöntemi ile belirlenmiştir. Her iki yöntemde de, trolox standart olarak kullanılmış ve sonuçlar “mg trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC)/100 gram numunenin kuru ağırlığı” şeklinde ifade edilmiştir.

3.2.3.1. DPPH radikal yakalama yöntemi

DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radikal yakalama yöntemi için Kumaran ve Karunakaran (2006)’ın yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla, örneklerden 100 µL alınarak 2 mL 0,1 mM DPPH radikali ile karıştırılmıştır. Reaksiyon karışımı vorteks karıştırıcıda 10 saniye karıştırılıp oda sıcaklığında 30 dakika süreyle karanlıkta bekletilmiştir. Sürenin bitiminde karışımın absorbansı 517 nm’de metanole karşı okunmuştur.

3.2.3.2. CUPRAC metodu (Bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi)

CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi) metodunda (Apak vd., 2004) polifenollerin bakır iyonlarını indirgeme yeteneği ölçülmüştür. 100 µL ekstrakt, 10 mM 1 mL CuCl₂.2H₂O, 7,5 mM 1 mL neokuproin ve 1 mL 1M amonyum asetat (pH 7,0) ile karıştırılmıştır. Hemen ardından 1 mL distile su karışıma ilave edilerek son hacim 4,1 mL’ye tamamlanmıştır. Oda sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra, 450 nm’de kör çözeltiye karşı absorbansları okunmuştur.

3.2.4. HPLC yöntemi ile karotenoid profilinin belirlenmesi

Kuşburnu püresindeki karotenoid profillerinin tespit edilmesi ve miktarlarının belirlenmesi için, ekstraksiyon prosesinde elde edilen filtrat HPLC ile incelenmiştir. Analiz, (Sadler vd., 1990) tarafından uygulanan prosedürde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. C30 kolonu (5 l m 250 mm 4.6 mm, YMC Europe, Dinslaken, Almanya) ve bir diyot dizisi dedektörü (Agilent Technologies 1200 Serisi, Diegem, Belçika) ile donatılmış bir HPLC sistemi kullanılmıştır. Analiz sırasında, otomatik örnekleyicinin ve kolonun sıcaklıkları sırasıyla 4°C ve 25°C'de sabit tutulmuştur. Akıcı faz olarak metanol ve terbütül eter kullanılmıştır. Elüsyon piklerinin absorpsiyon spektrumları ve alıkonma süreleri, mevcut standartları ile karşılaştırılmıştır.

3.2.5. HPLC yöntemi ile fenolik madde profilinin belirlenmesi

Fenolik bileşiklerin profilleri (Capanoglu vd., 2008)'nin metoduna göre analiz edilmiştir. Her örnek, 5 ml %75 metanolde (%0.1 formik asit içeren) ekstrakte edildikten sonra 10 dakika ultrasonik banyoda tutulmuş ve 10000 rpm'de 2 dakika santrifüjlenmiştir. Üst faz yeni bir falkon tüpüne alınırken kalan kalıntıya yeniden 5 ml %75 metanol ilave edilerek işlem tekrarlanmıştır. Her örnek için hazırlanan ekstraktlar 0,45 µm'lik filtrelerden süzöldükten sonra HPLC sistemine verilmiştir. HPLC sistemi Waters 600 kontrol birimi, Waters 996 photodiode array (PDA) dedektör ve 40 °C'deki kolon inkübatöründen oluşmaktadır. Kullanılmış olan kolon, C18 kolondur. Çözgen sistemi olarak A (%0,05 formik asit ile asitlendirilmiş su) ve B (%0,05 formik asit içeren asetonitril) kullanılmıştır. Akış hızı dakikada 1 ml şeklinde ayarlanmış ve ekstrakttaki bileşenlerin ayrılması, %5'den %30'a kadar çıkan lineer asetonitril gradiyenti kullanılarak 60 dakikalık analiz süresince gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 280, 320 ve 360 nm'de gerçekleştirilerek sonuçların ortalaması rapor edilmiştir.

3.2.6. *In vitro* gastrointestinal sindirim sistemi metodu ile kuşburnu pürelerindeki biyoaktif bileşiklerin biyoerişilebilirliğin tespiti

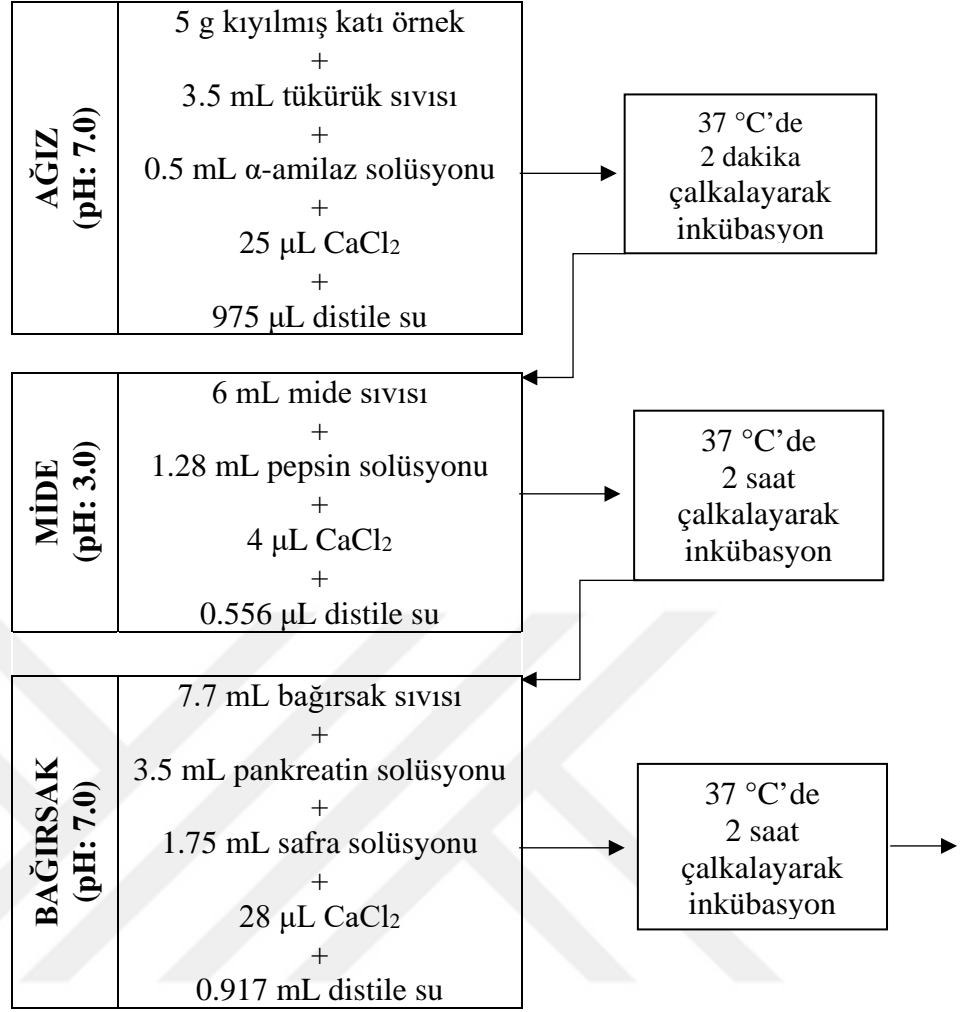
In vitro sindirim işlemi; ağız, mide ve ince bağırsak olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. *İn-vitro* biyoerişilebilirlik tespiti için (Minekus vd., 2014)'nin *in*

vitro gastrointestinal sindirim sistemi metodu uygulanmıştır. Kısaca her bir örnekten 5 ± 0.1 gram olacak şekilde bir falkon tüpüne alınmış ve üzerine 3,5 mL ağız sıvısı, 0,5 mL α -amilaz, 25 μ L CaCl_2 ve 975 μ L su ilave edildikten sonra pH 7'ye ayarlanarak çalkalamalı inkübatörde 37°C 'de 2 dakika bekletilmiştir. Mide ortamını sağlamak için 6 mL mide sıvısı, 1,28 mL pepsin ve 4 μ L CaCl_2 eklenerek pH 3'e ayarlanarak 37°C 'de 2 saat bekletilmiştir. Son olarak bağırsak ortamı için 7,7 mL bağırsak sıvısı, 3,5 mL pankreatin, 1,75 mL safra sıvısı ve 28 μ L CaCl_2 eklenerek pH 7'ye ayarlanmış ve 37°C 'de 2 saat bekletilmiştir. Ağız, mide ve bağırsak sisteminden sonra numune alınarak karotenoid madde analizi, toplam fenolik madde miktarı, CUPRAC ve DPPH analizleri ile fenolik profillerindeki değişim incelenmiştir.

In vitro gastrointestinal sindirim sistemi akış şeması ve ağız, mide ve bağırsak için ayrı ayrı olacak şekilde Şekil 3.2.'de verilmiştir.

3.3. İstatistiksel metod

Sonuçlar, istatistiksel fark olup olmadığını ($p < 0.05$) görmek amacıyla SPSS (18.0; SPSS Statistics/IBM, Armonk, NY) programı kullanılarak analiz edilmiş ve fark gözlemlenmesi durumunda ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 3. 2. *In vitro* gastrointestinal sindirim sistemi

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada kuşburnu meyvesi ile farklı türde ve farklı miktarda pektin ilave edilmiş kuşburnu pürelerinde, *in vitro* gastrointestinal sistem öncesi ve sonrası aşamalarda bulunan fenolik bileşikler, karotenoidler, antioksidan kapasitesi incelenmiş ve fenolik madde profilleri belirlenmiştir.

4.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Kuşburnu meyvesinin toplam fenolik madde miktarını saptamak amacıyla standart olarak kullanılan gallik asit farklı konsantrasyonlarda hazırlanarak UV spektrofotometresinde 760 nm’de okutulmuş, grafik denklemi $y=0,0078x+0,086$ olan kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/ 100 g yaş baz olarak verilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda kuşburnu örneklerinden elde edilen absorbans değerleri denklemde yerine konularak konsantrasyonları bulunmuş ve mg GAE/100 g kuru madde olarak ifade edilmiştir. Buna göre, farklı türde ve miktarda pektin içeren kuşburnu örneklerinin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası toplam fenolik madde miktarı Tablo 4.1. ve Şekil 4.1.’de verilmiştir.

Tablo 4. 1. Farklı tür ve miktarda pektin içeren kuşburnu örneklerinin ortalama toplam fenolik madde miktarı.

Örnek	TFMM (mg GAE/100g)	Örnek	TFMM (mg GAE/100g)
I-MC	2965.4 ± 114.2 ^c	B-MC	3117.8 ± 75.2 ^{a,b}
I-MP	4603.8 ± 59.8 ^{a,b}	B-MP	3564.6 ± 460.9 ^{a,b}
I-HP1	4735.6 ± 373.0 ^a	B-HP1	3024.4 ± 120.9 ^{a,c}
I-HP2	4802.9 ± 34.0 ^a	B-HP2	3626.8 ± 86.3 ^a
I-LP1	4658.7 ± 265.2 ^{a,b}	B-LP1	2906.3 ± 299.3 ^{b,c}
I-LP2	4158.7 ± 102.0 ^b	B-LP2	2507.4 ± 57.6 ^c

¹Veriler elde edilen değerler ± standart sapmayı temsil etmektedir. TFMM: Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/ 100g yaş baz), MC: Taze meyve, MP: Meyve püresi, HP1: %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, HP2: %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP1: %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP2: %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi. I harfi *in vitro* sindirim öncesi, B harfi *in vitro* sindirim sonrası örnekleri temsil etmektedir. Her sütunda farklı harf taşıyan örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p<0.05).

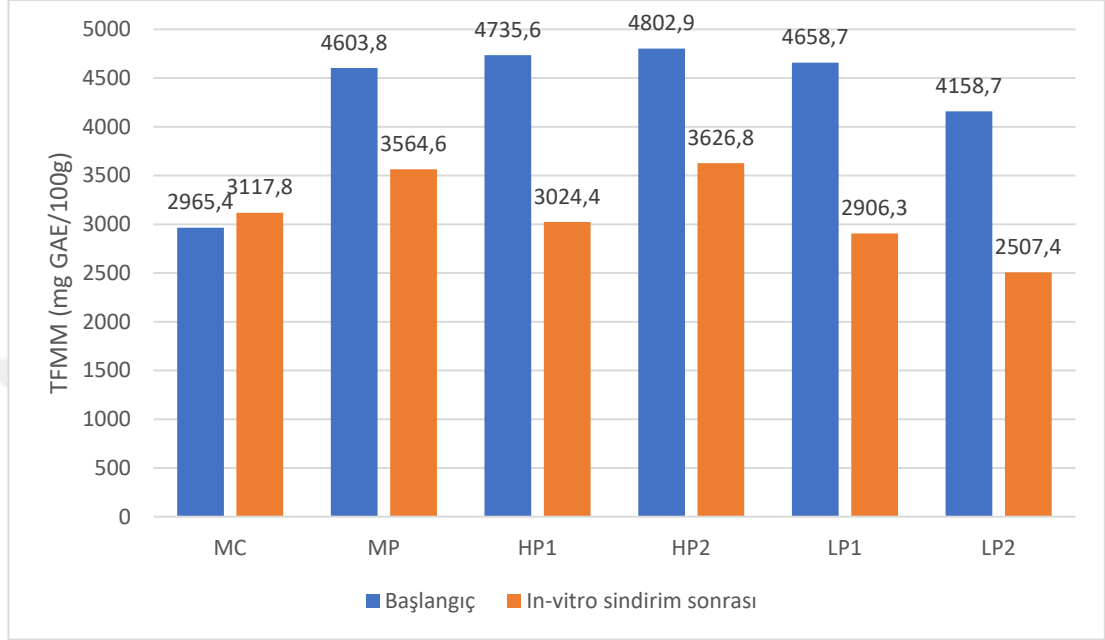
Tablo incelendiğinde püre haline getirilmiş örneklerde toplam fenolik madde miktarının taze meyveye kıyasla %38 daha fazla olduğu görülmektedir ($p<0.05$). En yüksek toplam fenolik madde miktarına sahip olan örnek %5 yüksek metoksilli pektin içeren kuşburnu püresi olarak tespit edilmiş ve sırasıyla %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren kuşburnu püresi, sade kuşburnu püresi, %2.5 düşük metoksilli pektin içeren kuşburnu püresi ve %5 düşük metoksilli pektin içeren kuşburnu püresi olarak saptanmıştır. Toplam fenolik madde miktarındaki değişim Şekil 4.2.'de verilmiştir.

Tek yönlü ANOVA testi sonuçlarına göre örneklerin toplam fenolik madde içeriği arasında anlamlı fark bulunmaktadır ($p<0.05$). Duncan testi ile örnekler arasındaki farklılık incelendiğinde ise püre haline getirilmemiş kuşburnu meyvelerinin diğer tüm örneklerden istatistiksel olarak önemli miktarda düşük toplam fenolik madde miktarına sahip olduğu görülürken, püreler arasında %2.5 ve %5 yüksek metoksilli pektin ilavesinin toplam fenolik madde miktarını önemli ölçüde arttırmakta olduğu fakat pektin miktarları arasında önemli bir farklılık görülmemektedir ($p<0.05$). Düşük metoksilli pektin ilave edilen örnekler bakıldığında ise %2.5 oranında düşük metoksilli pektin ilave edilen örneklerde, yüksek metoksilli pektin ilave edilen örneklerle kıyasla toplam fenolik madde miktarında bir miktar azalış gözlemlense de, bu örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Öte yandan %5 oranında düşük metoksilli pektin ilave edilen örneklerin, pektin içermeyen kuşburnu püresinden istatistiksel olarak farklı olmadığı, toplam fenolik madde miktarında bir etkisi bulunmadığı görülmektedir ($p<0.05$)

In vitro sindirim sonrası örneklerde bulunan toplam fenolik madde miktarları taze meyve, meyve püresi, %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi ve %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi için sırasıyla 3117.8 ± 75.2 , 3564.6 ± 460.9 , 3024.4 ± 120.9 , 3626.8 ± 86.3 , 2906.3 ± 299.3 ve 2507.4 ± 57.6 mg GAE/100 g yaş baz olarak saptanmıştır.

Tek yönlü ANOVA testi sonuçlarına göre örneklerin toplam fenolik madde içeriği arasında anlamlı fark bulunmaktadır ($p<0.05$). Duncan testi ile örnekler arasındaki farklılık incelendiğinde ise en düşük toplam fenolik madde miktarının gözlemlendiği %5 düşük metoksilli pektin içeren kuşburnu püresindeki miktar, taze meyve ve meyve püresinden istatistiksel olarak önemli ölçüde düşüktür ($p<0.05$). Buna ek olarak %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneklerin düşük metoksilli pektin içeren örneklerle

kıyasla toplam fenolik madde miktarında önemli bir artışa sebep olduğu söylenebilmekte, fakat bu artışın pektin içermeyen örneklerden anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı görülmektedir ($p<0.05$).



Şekil 4. 1. *In vitro* sindirim öncesi ve sonrası toplam fenolik madde miktarındaki değişim

Serbest fenoliklerin gastrointestinal sindirim sonrasında çoğunlukla hızlıca emilim gösterdikleri fakat diyet lifleriyle etkileşim halinde bulunan flavonoidlerin emiliminin daha düşük olduğu bildirilmiştir (Palafox-Carlos vd., 2011). Tomas vd., (2018), domates sosundaki toplam fenolik madde miktarı ve toplam flavonoid miktarının inulin ilave edilmesiyle önemli miktarda azalış gösterdiğini bildirmiştir. Diyet liflerinin biyoyararlılık üzerindeki etkisi polisakkaritlerin glikosidik bağlarında bulunan oksijen atomu ile flavonoidlerin hidroksil grubu arasındaki muhtemel etkileşime, oluşabilecek kovalent bağlara ve hidrofobik etkileşimlere bağlanmaktadır. Bununla birlikte diyet fiberleri fenolikler üzerinde bağlayıcı olarak etki göstererek biyoerişilebilirliklerini kısıtlayabilmektedir (Kamiloglu vd., 2020). Araştırmamızda elde ettiğimiz bulgular bu bilgileri destekler niteliktedir.

Gıda matrisi içerisinde polifenoller çoğunlukla karbonhidratlara, organik asitlere veya birbirlerine bağlı şekilde bulunmaktadır. Benzoik asit ve benzaldehit gibi basit

fenolikler ise bitki hücre duvarında çoğunlukla polisakkaritlerle kovalent bağ yapmaktadırlar. Antosiyaninler ve proantosiyanidinler kofulların içerisinde birikirken, flavonoidler sentezlendikleri yerde, endoplasmik retikulumla birlikte sitozolde yer alabilmektedir. Dolayısıyla bu bileşiklerin biyoerişilebilir olması için hücre duvarlarının ve hücre bölümlerinin parçalanması, karbonhidratlarla yapılan bağların koparılması gerekmektedir (Bohn, 2014). Çalışmamızda *in vitro* sindirim sonrası örneklerin, *in vitro* sindirim öncesindeki örneklerle benzer bir trende sahip olduğu görülmekle birlikte, püre haline getirilmemiş taze kuşburnu meyvesinin toplam fenolik madde miktarının *in vitro* sindirim sonrasında arttığı görülmektedir. Bunun sebebi, yukarıda belirtildiği üzere bazı sindirim enzimlerinin ve pH değişimlerinin öncülüğünde hücre duvarının yıkılması ve dolayısıyla bağlı fenoliklerin açığa çıkması şeklinde yorumlanabilir.

Ayrıca başlangıç örneklerinde pektin miktarı arttıkça toplam fenolik madde miktarının azalması, (Tomas vd., 2020) tarafından hidrofilik karakterdeki pektinin sulu metanol çözeltisi içerisinde çözünürlüğünün düşmesi sonucunda, etkileşime girdikleri fenolik maddelerin tutundukları yapıdan ayrılmalarını güçleştirerek ekstraksiyon verimliliğini azalttığı şeklinde açıklanmıştır. Öte yandan metilasyon derecesinin artmasıyla pektinin suda çözünürlüğünün azaldığı, dolayısıyla jelasyon özelliklerinin artarak enkapsülasyon verimliliğinin arttığı bildirilmiştir. Bu da yüksek metoksilli pektinin düşük metoksilli pektinden daha iyi bir kaplama ajanı olarak kullanılabilirliğini gözler önüne sermektedir. Öte yandan düşük metoksilli pektinin fenolik bileşiklerde tepkimeye girecek hidroksil gruplarının çokluğu da biyoerişilebilirliği etkileyebilecek önemli faktörlerdendir (Dib vd., 2022). Yüksek miktarda karboksil grubu içeren düşük metoksilli pektinlerin fenolik bileşikleri kuvvetli bir biçimde hapsederek hedef bölgeye daha az zayıyla ulaşabileceği öne sürülmüş (Oidtmann vd., 2012), fakat bu noktada literatürde özellikle biyoerişilebilirlik araştırmalarında yeterli kaynak bulunmamaktadır. Dolayısıyla gıda içerisindeki farklı besin maddelerinin varlığı ve hedeflenen biyoaktif bileşiğin kimyasal özelliklerine bağlı olarak farklı metilasyon derecelerine sahip pektinlerin biyoaktif bileşenlerin *in vitro* biyoerişilebilirliklerine olan etkisi üzerine daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılan bir çalışmada pektinin ferulik asit ve naringenin biyoerişilebilirliğini sırasıyla %45 ve %65 oranında düşürdüğü tespit edilmiştir (Kruger vd., 2020). Pektinin fenolik bileşikler üzerinde biyoerişilebilirliğini kısıtlayıcı faktörler olarak hidrojen bağları,

van der Waals etkileşimleri, elektrostatik çekim, hidrofobik etkileşimler, güçlü kovalent bağları veya fiziko-kimyasal bağlayıcı etkiler olabileceği bildirilmiştir (Jakobek ve Matić, 2019; Liu vd., 2020; J. Zhu vd., 2018). Bunların dışında pH, iyonik kuvvet, diğer makro ve mikro besinlerin varlığı gibi bazı dış etmenler de fenolik bileşikler ve diyet lifleri arasındaki etkileşim açısından önem taşımaktadır (F. Zhu, 2018).

Yapılan bir başka çalışmada pektinin selüloz ve ksiloglukana kıyasla fenol bağlama kapasitesinin daha yüksek olduğu bildirilmiş, bunun sebebi de pektinin jel yapıda bir ağ yapısı kurabilmesiyle birlikte fenolik bileşikleri hidrofobik ceplere hapsedebilme kabiliyetine bağlanmıştır (le Bourvellec vd., 2005). Ek olarak diyet liflerinin fenoliklerin etrafında bir kaplayıcı malzeme gibi görev alarak biyoerişilebilirliğini kısıtlayıcı rol oynadığını ve dolayısıyla ince bağırsaktan geçerek kolonda fermentasyon sübstratı olarak görev aldığını ve böylelikle bağırsak sağlığını korumaya yardımcı olduğu bildirilmiştir (Tomas, 2020)

4.2. Antioksidan Kapasitesi Analizleri

4.2.1. DPPH Radikali Yakalama Aktivitesi

DPPH radikali yakalama metodu ile analiz edilen örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri mg trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC)/100 g yaş baz cinsinden verilmiştir. *İn vitro* sindirim öncesi ve sonrası farklı pektin türleri ve miktarlarının örneklerin antioksidan kapasiteleri üzerindeki etkisi Tablo 4.2. ve Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.

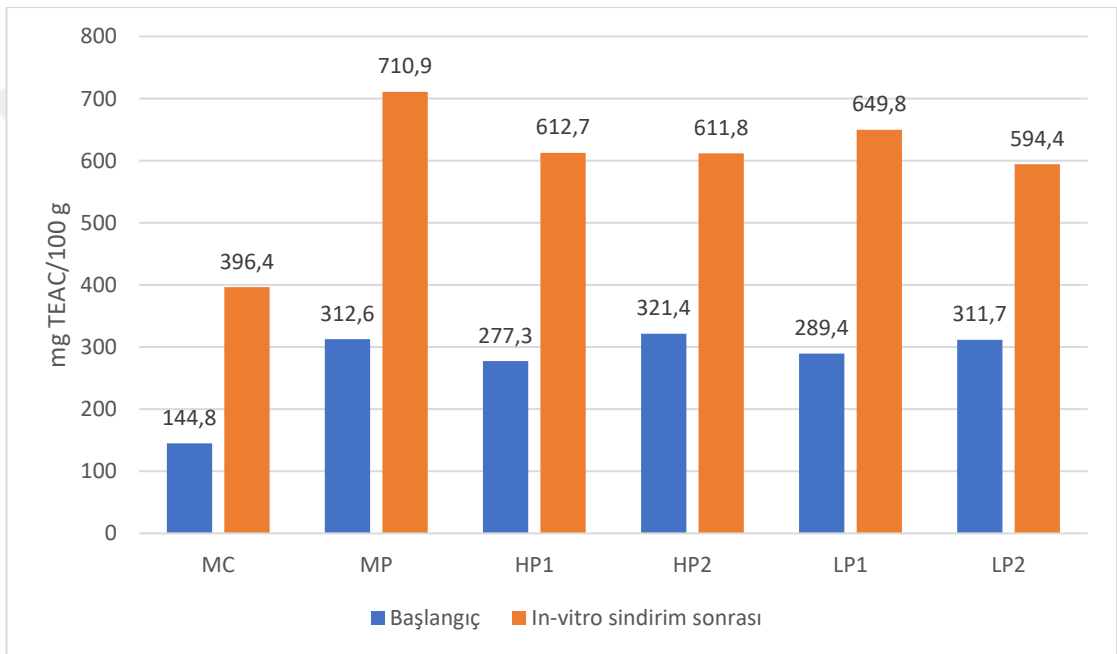
Tablo 4. 2. DPPH yöntemi ile örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri

Örnek	Toplam Antioksidan Kapasitesi (mg TEAC/100 g)	Örnek	Toplam Antioksidan Kapasitesi (mg TEAC/100g)
MC	144.8 ± 1.1 ^c	B-MC	396.4 ± 13.7 ^d
MP	312.6 ± 29.1 ^{a,b}	B-MP	710.9 ± 11.8 ^a
HP1	277.3 ± 12.0 ^b	B-HP1	612.7 ± 8.4 ^{b,c}
HP2	321.4 ± 8.7 ^a	B-HP2	611.8 ± 34.3 ^{b,c}
LP1	289.4 ± 22.9 ^{a,b}	B-LP1	649.8 ± 23.3 ^b
LP2	311.7 ± 11.2 ^{a,b}	B-LP2	594.4 ± 25.3 ^c

¹Veriler elde edilen değerler ± standart sapmayı temsil etmektedir. DPPH: 1,1-difenil-2- pikrilhidrazil (TEAC/100 g yaş baz), MC: Taze meyve, MP: Meyve püresi, HP1: %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, HP2: %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP1: %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP2: %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi. I harfi *in vitro* sindirim öncesi, B harfi *in vitro* sindirim sonrası temsil etmektedir. Her sütunda farklı harf taşıyan örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p<0.05).

Veriler incelendiğinde taze meyve, meyve püresi, %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi ve %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi için elde edilen DPPH sonuçları sırasıyla 144.8±1.1 mg TEAC/100g, 312.6±29.1 mg TEAC/100g, 277.3±12.0 mg TEAC/100g, 321.4±8.7 mg TEAC/100g, 289.4±22.9 mg TEAC/100g ve 311.7±11.2 mg TEAC/100g olarak saptanmıştır. Meyvenin püre haline getirilmesi durumu her örnek için istatistiksel olarak önemli bir artışa sebep olmuştur (p<0.05). Püre haline getirilmiş örneklerden en yüksek antioksidan kapasitesine sahip olan örnek %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi olarak tespit edilmiş olup, %2.5 oranında yüksek metoksilli pektin içeren örneğe

kıyasla anlamlı bir artış söz konusudur. %2.5 ve %5 oranında düşük metoksilli pektin ilavesinin ise pektin içermeyen kuşburnu püresine göre önemli bir farklılık yaratmadığı görülmektedir ($p<0.05$). Bu noktada çıkarabileceğimiz sonuç, başlangıç püre örneklerinde pektin ilavesinin püreler arasında anlamlı bir farklılığa yol açmadığı, fakat taze meyveye kıyasla pektin ilave edilen/edilmeyen tüm pürelerde antioksidan kapasitesinin önemli miktarda arttığı görülmektedir. Bunun sebebi olarak, homojenizasyon işleminin hücre duvarına bağlı durumda olan antioksidan fenoliklerin açığa çıkması şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 4. 2. *In vitro* sindirim öncesi ve sonrası DPPH yöntemi ile toplam antioksidan kapasitelerindeki değişim

In vitro sindirim sonrasında elde edilen sonuçlar incelendiğinde, DPPH analizi değerleri taze meyve, meyve püresi, %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi ve %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi için sırasıyla 396.4 ± 13.7 , 710.9 ± 11.8 , 612.7 ± 8.4 , 611.8 ± 34.3 , 649.8 ± 23.3 ve 594.4 ± 25.3 mg TEAC/100 g olarak saptanmıştır.

Tek yönlü ANOVA testine göre örnekler arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır. Duncan testi ile örnekler arasındaki fark incelendiğinde, en yüksek toplam antioksidan

kapasitesine sahip olan örnek pektin içermeyen kuşburnu püresi olarak saptanmış, en düşük toplam antioksidan kapasitesi ise taze meyvede bulunmuştur ($p<0.05$). Pektin içeren örnekler arasında en düşük toplam antioksidan kapasitesi %5 düşük metoksilli pektin içeren pürede bulunmakla beraber bu değer istatistiksel olarak yüksek metoksilli pektin içeren pürelerden farklı değildir ($p<0.05$). Buna rağmen %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örnek, pektinli örnekler arasında en yüksek toplam antioksidan kapasitesine sahiptir, fakat ikinci en yüksek değeri taşıyan %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğe kıyasla anlamlı bulunmamıştır ($p<0.05$). Özetle pektin ilave edilen örneklerde daha düşük biyoerişilebilirlik değerleri gözlemlenmiş ve toplam antioksidan kapasitesinin taze meyve ve meyve püresi arasında önemli derecede farklılık gösterdiği anlaşılmıştır ($p<0.05$).

Fenolik bileşikler, gerek hidrojen atomu gerekse elektron transferi mekanizmasıyla redoks özelliği gösteren, dolayısıyla da antioksidan özelliklere sahip olan bileşiklerdir. Fenolik bileşikler bu iki mekanizma sayesinde serbest radikalleri yakalama ve geçiş metallerini hapsedme gibi özelliklere sahiptir (Chaillou ve Nazareno, 2006). Fenolik bileşiklerin antioksidan özellikleri farklı bileşiklerin varlığında farklı yönlerde etkilenebilmektedir. Bu etki sinerjistik veya antagonistik olabilir. Sinerjistik etki, iki bileşenin kombinasyonun birlikte gösterdikleri toplam etkinin, ayrı ayrı gösterdikleri toplam etkiden daha etkili olduğu durum olarak tanımlanmaktadır. Öte yandan antagonistik etki ise iki bileşenin kombinasyonunun birlikte gösterdikleri toplam etkinin, ayrı ayrı gösterdikleri toplam etkiden daha az etkili olduğu durumdur (Chou, 2010). Yapılan çalışmalarda diyet liflerinin fenolik bileşiklerin antioksidan kapasitelerini olumsuz yönde etkileyerek antagonistik bir etki gösterdikleri bildirilmiştir.

Pektinler, farklı esterifikasyon derecelerine sahip olabilen, α -1-4 bağıyla bağlanmış 200 ila 1000 arası galakturonik asit barındıran, meyve sebzelerin hücre duvarında ve ara katmanlarında bulunan ve sertliklerinden sorumlu olan bir heteropolisakkarittir (Gałkowska ve diğerleri, 2003; Srivastava ve Malviya, 2011). Pektinler iki ana grup altında incelenmektedirler: bir kısım galakturonik asitleri metil ester olarak barındıran (esterleşmiş) pektinik asitler ve hiçbir karboksil grubu esterleşmemiş olan pektik asitler (Mercado-Mercado, de la Rosa ve Alvarez-Parrilla, 2020). Dolayısıyla esterifikasyon derecesine bağlı olarak fenolik bileşiklerin antioksidan özellikleri üzerinde engelleyici bir etki gösterebilmektedirler. (Mercado-Mercado ve diğerleri,

2020) tarafından yapılan bir çalışmada, pektin miktarının artışı, fenolik bileşiklerin toplam antioksidan kapasitesinde azalışa sebep olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde Tomas vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada pektin ilavesinin toplam antioksidan kapasitesini düşürdüğü bildirilmiştir. Elde ettiğimiz bulgular bu çalışmaları destekler niteliktedir.

4.2.2. Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasitesi (CUPRAC)

Kuprik iyon indirgeme yöntemi ile analiz edilen örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri mg trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC)/100 g yaş baz cinsinden verilmiştir. Farklı pektin türleri ve miktarlarının örneklerin antioksidan kapasiteleri üzerindeki etkisi Tablo 4.3. ve Şekil 4.3.'de gösterilmiştir.

Veriler incelendiğinde taze meyve, meyve püresi, %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi ve %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi için elde edilen CUPRAC sonuçları sırasıyla 4232.0±7.1, 9294.0±339.4, 7580.0±972.3, 8817.5±106.1, 9355.0±229.8 ve 5617.5±176.8 mg TEAC/100g olarak bulunmuştur.

Tablo 4. 3. CUPRAC yöntemi ile toplam antioksidan kapasiteleri

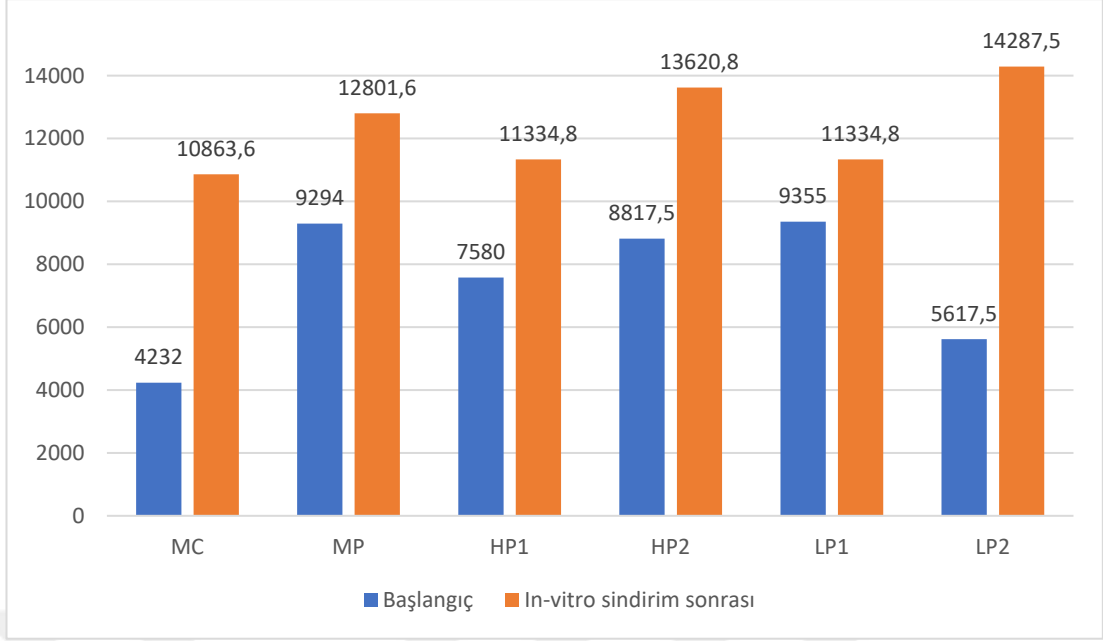
Örnek	Toplam Antioksidan Kapasitesi (mg TEAC/100 g)	Örnek	Toplam Antioksidan Kapasitesi (mg TEAC/100g)
I-MC	4232.0 ± 7.1 ^d	B-MC	10863.6 ± 149.3 ^c
I-MP	9294.0 ± 339.4 ^a	B-MP	12801.6 ± 898.0 ^b
I-HP1	7580.0 ± 972.3 ^b	B-HP1	11334.8 ± 179.6 ^c
I-HP2	8817.5 ± 106.1 ^a	B-HP2	13620.8 ± 269.4 ^{a,b}
I-LP1	9355.0 ± 229.8 ^a	B-LP1	11334.8 ± 269.4 ^c
I-LP2	5617.5 ± 176.8 ^c	B-LP2	14287.5 ± 853.1 ^a

¹Veriler elde edilen değerler ± standart sapmayı temsil etmektedir. CUPRAC: Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasitesi (TEAC/100 g yaş baz), MC: Taze meyve, MP: Meyve püresi, HP1: %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, HP2: %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP1: %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP2: %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi. I harfi *in vitro* sindirim öncesi, B harfi ise *in vitro* sindirim sonrası örnekleri temsil etmektedir. Her sütunda farklı harf taşıyan örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p<0.05).

DPPH yöntemi ile benzer şekilde, püre haline getirilmemiş taze kuşburnu meyvesi, püre haline getirilmiş olan örneklerden istatistiksel olarak önemli bir biçimde daha düşük toplam antioksidan kapasitesine sahiptir ($p<0.05$). Püreler arasında en düşük antioksidan kapasitesi %5 düşük metoksilli pektin içeren pürede bulunmuştur. En yüksek antioksidan kapasitesi ile sırasıyla %2.5 düşük metoksilli pektin içeren püre, %5 yüksek metoksilli pektin içeren püre ve pektin içermeyen pürede bulunmuş olup, aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p<0.05$). CUPRAC metoduna göre kuşburnu pürelerine pektin ilavesinin toplam antioksidan kapasitesinde anlamlı bir artışa sebep olmadığı görülmektedir ($p<0.05$).

In vitro sindirim sonrası elde edilen veriler incelendiğinde CUPRAC analizi değerleri taze meyve, meyve püresi, %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi ve %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi için sırasıyla 10863.6 ± 149.3 , 12801.6 ± 898.0 , 11334.8 ± 179.6 , 13620.8 ± 269.4 , 11334.8 ± 269.4 ve 14287.5 ± 853.1 mg TEAC/100 g olarak bulunmuştur.

Tek yönlü ANOVA testine göre örnekler arasında farklılık bulunmuştur. Duncan testi ile örnekler incelendiğinde en düşük toplam antioksidan kapasitesine sahip örnek olan taze meyve örneğinin istatistiksel olarak %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren püreden ve %2.5 düşük metoksilli pektin içeren püreden anlamlı bir farkı olmadığı görülmüştür ($p<0.05$). Meyvenin püre haline getirilmesi işlemi toplam antioksidan kapasitesini önemli ölçüde arttırırken, bu artış %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneklerde daha yüksek olmasına rağmen istatistiksel olarak önemsizdir ($p<0.05$). En yüksek toplam antioksidan kapasitesi %5 düşük metoksilli pektinde görülmüş olup, %5 yüksek metoksilli pektinle arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p<0.05$).



Şekil 4. 3. *In vitro* sindirim öncesi ve sonrası CUPRAC metoduna göre toplam antioksidan kapasitesindeki değişim

Yapılan bir çok çalışmada diyet liflerinin polifenollerle olan etkileşiminin sinerjistik veya antagonistik olabileceği üzerinde durulmuştur. Literatürde çözünebilir diyet liflerinin toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan kapasitesi üzerine etkisini ele alan bir çok yayın bulunmaktadır. Tomas vd. (2020)'ın yaptığı bir çalışmada böğürtlen meyvesine farklı oranlarda inulin ve pektin ilavesinin toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan kapasitesinde hem başlangıç materyalinde hem de *in vitro* sindirim sonrasında önemli bir düşüşe sebep olduğu bildirilmiştir. Öte yandan literatürde *in vitro* sindirim sistemi prosesinde kullanılan enzimlerin (amilaz, pepsin, pankreatin) gıda matrisi içerisinde bulunan antioksidan bileşenleri açığa çıkarması üzerinde de durulmuştur (Abete vd., 2013). Yine mekanik etkiyle birlikte parçacık boyutunun küçülmesi sonucu biyoerişilebilirliğin artması da bilinen gerçeklerden biridir (Bohn, 2014; Bouayed vd., 2011; Wang ve Weller, 2006).

4.3. HPLC Yöntemi ile Fenolik Madde Profiline Belirlenmesi

Toplam fenolik madde miktarları Folin-Ciocalteu metoduna göre belirlenen örneklerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası fenolik madde profilleri HPLC ile tespit edilerek

sırasıyla Tablo 4.4 ve Tablo 4.5.'de verilmiştir. HPLC sonuçlarına ait kromatogramlar Ek A'da verilmiştir.

Tablo 4. 4. Başlangıç örneklerinin fenolik madde profili

Fenolik Profili (mg/kg)	Kuşburnu Örnekleri					
	MC	MP	HP1	HP2	LP1	LP2
Gallik asit	34.0±1.4c	25.9±0.9d	69.9±0.8b	78.0±2.5a	74.3±2.3a	30.5±1.9c
Protokateşuik asit	707.0±0.9f	1654.6±1.1b	1232.3±0.8d	1731.5±0.5a	1504.4±1.0c	890.8±1.5e
Kateşin	249.5±0.8f	1115.7±1.0c	2482.8±1.0b	3124.4±0.4a	853.7±1.0d	335.0±1.1e
4-Hidroksibenzoik asit	77.1±0.8f	255.5±0.8d	163.5±0.8e	590.9±0.5a	508.2±1.9b	344.5±2.6c
Sirinjik asit	15.0±0.8d	65.9±0.5b	62.6±0.7b	53.3±1.7c	78.5±2.6a	2.8±1.9e
Elajik asit	60.6±1.1d	70.7±0.6ab	67.8±0.9b	72.9±1.9a	68.6±1.3b	63.9±1.2c
Kafeik asit	18.1±0.8d	16.6±0.4e	22.5±1.4c	33.4±0.5a	28.9±1.9b	20.9±1.8cd
p-Kumarik asit	2.0±0.6b	2.5±0.7ab	3.5±1.4ab	5.0±1.8a	2.8±0.4ab	1.5±0.5b
Ferulik asit	3.6±0.5d	10.4±1.4ab	9.0±0.5bc	7.5±1.1c	12.2±1.9a	7.9±0.4bc
Mirisetin	50.5±0.1d	104.5±1.3c	129.6±1.0a	127.1±1.3ab	124.6±1.0b	124.3±2.7b
Kuersetin	26.9±0.4b	55.2±1.2b	66.8±1.2a	66.2±1.2a	63.3±3.5a	65.1±0.5a
Klorojenik asit	14.3±0.7e	19.9±1.5d	24.9±1.2c	35.2±1.3a	31.9±1.8b	11.8±0.7e
Rutin	11.4±0.4c	40.7±0.7a	8.8±1.2d	13.8±1.2b	12.3±1.2bc	4.1±0.2e
Sinapik asit	2.0±0.2a	5.2±0.6a	4.8±1.3ab	2.8±0.7b	4.9±1.0a	2.2±0.5a

¹Veriler elde edilen değerler ± standart sapmayı temsil etmektedir. MC: Taze meyve, MP: Meyve püresi, HP1: %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, HP2: %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP1: %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP2: %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi. Her satırda farklı harf taşıyan örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p<0.05).

Tablo 4. 5. *In vitro* sindirim sonrası fenolik madde profili

Fenolik Profili (mg/kg)	Kuşburnu Örnekleri					
	MC	MP	HP1	HP2	LP1	LP2
Gallik asit	347.7±1.9b	362.2±2.5a	116.8±1.4d	115.5±1.7d	147.5±3.2c	109.5±0.7e
Protokateşuik asit	1474.4±2.1b	1627.5±2.7a	596.6±2.1e	682.4±1.4d	806.4±2.6c	492.7±2.3f
Kateşin	2782.8±1.2a	963.3±4.0b	280.8±2.4e	331.6±2.1d	350.0±1.4c	238.1±3.5f
4-Hidroksibenzoik asit	454.4±1.4	425.5±0.9	TE	TE	TE	TE
Sirinjik asit	134.9±2.1	9.5±0.3	TE	TE	TE	TE
Elajik asit	45.8±1.2f	57.2±2.8e	116.7±0.5b	109.5±2.6c	130.6±1.2a	103.8±1.1d
Kafeik asit	22.0±1.9c	31.4±1.8b	38.6±0.6a	35.6±3.0ab	38.8±2.6a	36.5±0.5a
p-Kumarik asit	8.3±2.5a	5.5±0.8ab	3.8±0.4b	5.4±1.9ab	2.4±0.4b	4.1±0.1b
Ferulik asit	10,0±2,0b	12,9±0,9ab	17,5±4,0a	15,4±2,1ab	13,9±2,5ab	15,0±1,5ab
Mirisetin	133.5±1.6	TE	TE	TE	TE	TE
Kuersetin	65.0±1.6	124.4±4.6	TE	TE	TE	TE
Klorojenik asit	28.0±2.0a	17.1±3.0c	21.2±2.6bc	8.9±1.2d	24.2±1.4ab	8.3±0.5d
Rutin	32.3±1.9a	20.1±6.5b	9.1±2.4c	6.3±1.6cd	0.2±1.2d	8.2±0.1cd
Sinapik asit	4.3±1.8a	2.6±0.5abc	1.9±0.4bc	1.6±0.3bc	3.7±0.5ab	1.4±0.4c

¹Veriler elde edilen değerler ± standart sapmayı temsil etmektedir. MC: Taze meyve, MP: Meyve püresi, HP1: %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, HP2: %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP1: %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP2: %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi. Her satırda farklı harf taşıyan örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p<0.05). TE: Tespit edilemedi.

Kuşburnu meyvesinden hazırlanan ekstraktlara ait HPLC kromatogram sonuçları incelendiğinde gallik asit, protokateşuik asit, kateşin, 4-hidroksibenzoik asit, sirinjik asit, elajik asit, kafeik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, mirisetin, kuersetin, klorojenik asit, rutin ve sinapik asit bulundurduğu görülmektedir. Taze meyvede ve meyve püresinde protokateşuik asit (707.0±0.9 ve 1654.6±1.1 mg/kg), %2.5 ve %5 yüksek metoksilli pektin içeren pürelerde kateşin (2482.8±1.0 ve 3124.4±0.4 mg/kg), %2.5 ve

%5 düşük metoksilli pektin içeren örneklerde ise protokateşuik asit ($1504,4 \pm 1,0$ ve $890,8 \pm 1,5$ mg/kg) fenoliklerinin en yüksek miktarda bulunduğu tespit edilmiştir.

Örneklerde bulunan gallik asit miktarı en yüksek olarak %5 yüksek metoksilli pektin içeren örnekte tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Püreye kıyasla pektin ilave edilen örneklerde gallik asit miktarı artmakta iken, %5 oranında düşük metoksilli pektin ilavesi taze meyveden daha düşük bir sonuç alınmasına neden olmuş, meyve püresine kıyasla ise önemli bir yükselişe sebep olmamıştır ($p < 0.05$). *In vitro* sindirim sonrasında açığa çıkan gallik asit miktarına bakıldığında ise en fazla meyve püresinde bulunduğu görülmüştür ($p < 0.05$). Bütün örneklerde *in vitro* sindirim sonrasında gallik asit miktarında artış gözlenmiş olsa da pektin içeren tüm örnekler taze meyve ve pektin içermeyen meyve püresinden daha düşük biyoerişilebilirliğe sahiptir ($p < 0.05$). Gallik asit miktarında *in vitro* sindirim sonrası meydana gelen artış, sindirim enzimleri ve pH değişimleri sonucunda bağlı olan fenoliklerin serbest hale geçmesine bağlanabilir.

Tablo 4.4. ve 4.5.'de görüldüğü üzere *in vitro* sindirim öncesinde pektin içeren örneklerde miktar olarak daha fazla 4-hidroksibenzoik asit, sirinjik asit, mirisetin ve kuersetin bulunurken, *in vitro* sindirim sonrasında bu bileşenler tespit edilememiştir. Kuersetin ve mirisetin miktarında pektin ilavesiyle birlikte meydana gelen azalış trendi Tomas (2022) tarafından da bildirilmiştir.

Protokateşuik asit miktarlarına bakıldığında benzer şekilde %5 yüksek metoksilli pektin ilavesi meyve püresine göre anlamlı bir artışa sebep olmuştur ($p < 0.05$). %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örnekte de püreye göre önemli bir artış gözlemlenirken, %2.5 yüksek metoksilli pektin ve %5 düşük metoksilli pektin içeren örneklerde meyve püresine kıyasla daha az miktarda protokateşuik asit tespit edilmiştir ($p < 0.05$). *In-vitro* sindirim sonrasında ise pektin içermeyen meyve püresindeki protokateşuik asidin biyoerişilebilirliğinin daha yüksek olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Pektin ilave edilen örneklerde biyoerişilebilirliğin önemli miktarda düştüğü görülmektedir ($p < 0.05$).

Kateşin bileşiğinde de benzer şekilde en yüksek miktar %5 yüksek metoksilli pektinde tespit edilmiş olup, en düşük miktar ise taze meyvede bulunmuştur ($p < 0.05$). Öte yandan bu sefer her iki düzeyde yüksek metoksilli pektin ilavesi kateşin miktarını önemli düzeyde arttırırken, %2.5 ve %5 düşük metoksilli pektin ilavesinin taze meyveden sonra en düşük kateşin oranına sebep olduğu görülmüştür ($p < 0.05$). *In-vitro* sindirim sonrasında kateşinin biyoerişilebilirliği taze meyvede en yüksek değerde

iken, meyve püresinde ve pektin içeren örneklerde ise dramatik bir azalma gerçekleşmiştir ($p<0.05$). Bunun sebebi olarak taze meyvede bağlı durumda olan kateşinin bağırsak ortamında kadar olan süreçte pH ve enzimlerin etkisiyle yavaş bir salınım göstermesi, püre örneklerinde ise mekanik etkiden dolayı serbest halde bulunan kateşinlerin bağırsak ortamına gelene kadar kayba uğraması şeklinde bir yorum yapılabilir.

Tespit edilen 4-hidroksibenzoik asit bileşeninde yukarıda bahsedilen fenoliklerle benzer şekilde en düşük oran taze meyvede tespit edilirken, en yüksek miktar ise %5 yüksek metoksilli pektin içeren örnekte bulunmuştur ($p<0.05$). Meyve püresinde, taze meyveden daha yüksek miktarda 4-hidroksibenzoik asit tespit edilmiştir ($p<0.05$). Pektin ilave edilen örnekler arasında yalnızca %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren pürede, pektin içermeyen püreye kıyasla, daha az miktarda 4-hidroksibenzoik asit tespit edilmiştir ($p<0.05$). *In-vitro* sindirim sonrasında ise pektin içeren örneklerde 4-hidroksibenzoik asit tespit edilememiştir.

Elajik asit bileşenini incelediğimizde *in vitro* sindirim öncesinde gallik asite benzer şekilde en yüksek elajik asit miktarı %5 yüksek metoksilli pektin içeren pürede bulunmuş, fakat bu miktarın pektin içermeyen meyve püresinden istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür ($p<0.05$). Aynı zamanda pektin ilave edilen pürelerin pektin ilave edilmeyen püreye kıyasla anlamlı bir artış veya azalışa sebep olmamasıyla birlikte yalnızca %5 düşük metoksilli pektin içeren püredeki azalışın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). *In vitro* sindirim sonrasında pektin içeren örneklerde ciddi bir elajik asit artışı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Pektin içeren örnekler arasında %2.5 düşük metoksilli pektin içeren pürede biyoerişilebilirliğin daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Tespit edilen kafeik asit bileşeninde yukarıda bahsedilen bileşenlerle benzer şekilde en yüksek oran %5 yüksek metoksilli pektinde bulunurken, en düşük oran meyve püresinde bulunmuştur ($p<0.5$). Pektin ilave edilen tüm örneklerde meyve püresine kıyasla önemli bir artış gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Benzer şekilde *in vitro* sindirim sonrasında pektin içeren tüm örneklerde biyoerişilebilirliğin püreye kıyasla istatistiksel olarak önemli bir biçimde arttığı görülmektedir. ($p<0.05$).

p-Kumarik asit bileşeninde örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiş, yalnızca benzer bir biçimde %5 yüksek metoksilli pektin içeren pürede

en yüksek sonucun alınmasına rağmen bu sonucun pektin içermeyen püreden farklı olmadığı görülmektedir ($p<0.05$). %5 düşük metoksilli pektin içeren örnekte ne taze meyveyle ne de pektin içermeyen püreyle kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemektedir ($p<0.05$). *In-vitro* sindirim sonrasında kateşin bileşiğinde olduğu gibi taze meyvede *p*-kumarik asit bileşiğinin daha biyoerişilebilir olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Dolayısıyla kateşin ve *p*-kumarik asit için de taze meyvenin içerisindeki bu bileşenlerin *in vitro* sindirim boyunca kontrollü ve yavaş bir şekilde salınım gösterdiği fakat püre örneklerinde ise daha hızlı yıkıma uğradıkları noktasında bir yorum yapılabilir.

Mirisetin bileşenine baktığımızda benzer biçimde en düşük mirisetin oranı taze meyvede görülürken, bütün pektin ilave edilmiş örneklerde pektin ilave edilmeyen kuşburnu püresine kıyasla anlamlı bir artış söz konusudur ($p<0.05$). En yüksek mirisetin miktarı %2.5 yüksek metoksilli pektinde görülmüş fakat %5 yüksek metoksilli pektin içeren püreyle aralarında önemli bir fark bulunmamaktadır ($p<0.05$). Düşük metoksilli pektin içeren pürelerde ise püreye kıyasla bir artış olsa da, %2.5 yüksek metoksilli püreye kıyasla mirisetin miktarlarında önemli bir düşüş söz konusudur ($p<0.05$). *In-vitro* sindirim sonrasında pektinden bağımsız olarak hiçbir püre örneğinde mirisetin bileşiği tespit edilememiştir. Bununla birlikte yüksek olasılıkla *in vitro* sindirim koşullarına bağlı olarak taze meyvede *in vitro* sindirim öncesine kıyasla bir artış gerçekleşmiştir ($p<0.05$)

Kuersetin bileşiği incelendiğinde taze meyve ve meyve püresi arasındaki artışın istatistiksel olarak anlamlı olmamasına rağmen, pektin ilave edilen bütün örneklerde kuersetin miktarında artış gözlemlenmiştir. Pektin içeren püreler arasındaki değerlerin istatistiksel olarak bir farkı bulunmamaktadır ($p<0.05$). Buna rağmen *in vitro* sindirim sonrasında pektin içeren hiçbir örnekte kuersetin tespit edilememiştir.

Klorojenik asit oranı meyve püresinde, taze meyveden daha yüksek olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$). %5 düşük metoksilli pektin içeren pürenin dışındaki bütün pektin içeren örneklerin, pektin içermeyen meyve püresinden daha yüksek miktarda klorojenik asit içerdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$). En yüksek klorojenik asit miktarı %5 yüksek metoksilli pektin içeren pürede tespit edilmiştir ($p<0.05$). *In vitro* sindirim sonrasında ise taze meyvede bulunan klorojenik asidin daha biyoerişilebilir olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Yine bununla paralel olarak %2.5 düşük metoksilli pektin içeren püreyle taze meyve arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p<0.05$). En düşük

biyoerişilebilirlik değerleri ise %5 oranında yüksek ve düşük metoksilli pektin içeren pürelerde görülmüştür ($p<0.05$).

Rutin bileşiminde yukarıdakilerden farklı olarak bütün pektin ilave edilen örneklerde, pektin ilave edilmeyen örneklere kıyasla rutin miktarının çok daha az miktarda tespit edildiği görülmektedir ($p<0.05$). Meyve püresinde tespit edilen rutin miktarı taze meyveye kıyasla önemli derecede fazladır ($p<0.05$). *In-vitro* sindirim sonrasında yukarıdaki gibi benzer biçimde biyoerişilebilirliğin en yüksek olduğu örnek taze meyve olarak bulunmuş, pektin ilave edilen örneklerde ise dramatik bir azalma gerçekleştiği fakat bu örneklerin kendi aralarında anlamlı bir fark yaratmadığı görülmektedir ($p<0.05$).

Sinapik asit bileşiminde ise taze meyve ve meyve püresi arasında anlamlı bir fark görülmemiş ve pektin ilave edilen örnekler arasında yalnızca %5 yüksek metoksilli pektin içeren pürede anlamlı bir azalış görülmüştür ($p<0.05$). Benzer biçimde *in vitro* sindirim sonrasında taze meyve örneğinde sinapik asidin daha biyoerişilebilir olduğu tespit edilmiş, bununla birlikte meyve püresi ve %2.5 düşük metoksilli pektinden anlamlı bir farkın olmadığı belirlenmiştir ($p<0.05$).

Ferulik asit ve sirinjik asit bileşiklerine baktığımızda ise yukarıdakilerden farklı olarak en yüksek miktarlar %2.5 düşük metoksilli pektin ilave edilen örneklerde bulunmuştur ($p<0.05$). Her iki bileşen de %5 yüksek metoksilli pektin ilave edilen örneklerde pektin içermeyen püreye kıyasla anlamlı bir azalış trendi göstermiştir ($p<0.05$). *In-vitro* sindirim sonrasında ise pektin içeren hiçbir örnekte sirinjik asit tespit edilemezken, taze meyveye kıyasla bütün pürelerde ferulik asitin biyoerişilebilirliğinin birbirine paralel olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

Sonuçlar incelendiğinde fenolik bileşiklerin sindirim esnasında farklı trendler sergilediği görülmektedir. Buna sebep olarak farklı fenoliklerin diyet liflerine karşı gösterdikleri farklı reaksiyon eğilimlerinin bulunduğunu söyleyebiliriz. Kruger vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ferulik asit ve naringenin fenoliklerinin biyoerişilebilirliklerinin pektin ilavesi ile %45 ve %65 oranında düştüğünü bildirmişlerdir. Pektinin fenolik bileşikler hapsedecek bir hidrofobik kaviteye sahip olduğu, dolayısıyla biyoerişilebilirliklerini ciddi anlamda düşürebildiği öne sürülmüştür. Bir başka çalışmada 3,4-dihidroksifenilglükol ve pektin arasındaki etkileşim incelenmiş ve çoğunlukla hidrojen bağları ve kovalent bağlardan

kaynaklanmakta olan 3,4-dihidroksifenilglükol-pektin kompleksi elde edilerek kolon hedefli yeni bir ilaç taşıyıcı sistemin geliştirilebileceği ortaya konulmuştur (Bermúdez-Oria vd., 2018). Ayrıca sıcaklık ve pH gibi faktörlerin de fenolik bileşiklerin diyet liflerine bağlanma miktarını etkileyebileceği bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada arabinan zengin pektin ve ferulik asitin adsorpsiyonunun yüksek sıcaklıklarda arttığı bildirilmiştir (Zhang vd., 2017). Siyanidin-3-glikosid ve ferulik asitin selüloz adsorpsiyonunun incelendiği bir başka çalışmada ise ferulik asit için en yüksek adsorpsiyonun yakalandığı pH değeri 5.5 olarak verilirken, siyanidin-3-glikosid için bu değer pH 5 olarak bildirilmiştir (Phan vd., 2016) Tüm bunlar dikkate alındığında *in vitro* sindirim esnasında kullanılan enzimler, pH değişiklikleri, inkübasyon zamanı ve sıcaklık gibi faktörler fenolik adsorpsiyonunu, dolayısıyla biyoerişilebilirliğini hem pozitif hem de negatif yönde etkileyebilmektedir.

4.4. HPLC Yöntemi ile Karotenoid Profilinin Belirlenmesi

Örneklerin karotenoid profilleri HPLC ile belirlenmiş olup *in vitro* sindirim öncesi ve *in vitro* sindirim sonrası örneklerin karotenoid profili Tablo 4.7 ve Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4. 6. *In vitro* sindirim öncesi karotenoid profili

Karoten profili (µg / g)	Kuşburnu örnekleri					
	MC	MP	HP1	HP2	LP1	LP2
9-cis-antheraxanthin	35,2 ± 3,7d	118,4 ± 13,0a,b	150,5 ± 11,8a	79,0 ± 13,5c	14,9 ± 3,5e	12,7 ± 2,3e
Lutein	13,2 ± 2,2a	TE	11,3 ± 5,9b,c	7,3 ± 2,01c	12,6 ± 6,4a,b	10,9 ± 0,8b,c
β-carotene	29,1 ± 13,8b	130,2 ± 7,2a	TE	TE	10,6 ± 3,1c	TE
Lycopene	274,0 ± 6,3a	76,7 ± 15,3b	49,5 ± 12,0c	4,6 ± 2,4e	31,6 ± 22,4d	31,5 ± 22,3d
Violaxanthin	20,0 ± 12,5d	113,4 ± 9,5a,b	124,2 ± 2,2a	26,9 ± 14,7d	50,6 ± 4,0c	8,5 ± 2,6e

¹Veriler elde edilen değerler ± standart sapmayı temsil etmektedir. MC: Taze meyve, MP: Meyve püresi, HP1: %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, HP2: %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP1: %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP2: %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi. Her satırda farklı harf taşıyan örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p<0.05). TE: Tespit edilemedi.

Kuşburnu meyvesinden hazırlanan ekstraktlara ait HPLC kromatogram sonuçları incelendiğinde taze meyvede en yüksek miktarda bulunan karotenoid bileşiği likopen

(274,0 ± 6,3 µg/g), meyve püresinde ve %5 yüksek metoksilli pektin içeren pürede β-karoten (130,2 ± 7,2 ve 272,6 ± 1,7 µg/g), %2,5 yüksek metoksilli pektin içeren ve %2.5 düşük metoksilli pektin içeren pürede violaksantin (216,9 ± 2,2 ve 50,6 ± 3,0 µg/g) olarak tespit edilmiştir. Meyve püresinde lutein tespit edilemezken, β-karoten ise %2.5 ve %5 yüksek metoksilli pektin içeren ve %2.5 düşük metoksilli pektin içeren pürelerde tespit edilememiştir.

Veriler incelendiğinde likopen dışında tüm örneklerde püre haline getirilen örneklerde artış gözlemlenmiştir. Bu artışın sebebi hücre duvarlarının parçalanarak karotenlerin açığa çıkması şeklinde yorumlanabilir. Likopen incelendiğinde ise meyve püresinde meydana gelen azalışın likopenin yüksek antioksidan özelliklerinden kaynaklanan instabilitesinin olma ihtimali düşünülmektedir. Bununla birlikte pektin ilave edilen tüm örneklerde karoten miktarında anlamlı bir azalış görülmektedir (p<0.05). 9-cis-antheraxantin örneğinde %2.5 yüksek metoksilli pektin ilave edilen pürede bir artış gözlemlenmiş olsa da, bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p<0.05).

Tablo 4. 7. *In vitro* sindirim sonrası karotenoid profili

Karoten profili (µg / g)	Kuşburnu örnekleri					
	MC	MP	HP1	HP2	LP1	LP2
9-cis-antheraxanthin	0,01 ± 0,01c	0,02 ± 0,02b	0,03 ± 0,1a	0,03 ± 0,02a	TE	0,03 ± 0,02a
Lutein	7,6 ± 1,7c	18,69 ± 1,9a,b	20,79 ± 2,97a	TE	TE	6,21 ± 0,56c
β-carotene	TE	593,54 ± 28,28	2,07 ± 0,37	TE	TE	TE
Lycopene	244,19 ± 14,71	TE	TE	TE	TE	TE
Violaxanthin	5,05 ± 0,39b	13,74 ± 2,31a	0,89 ± 0,63c	7,6 ± 0,43b	TE	1,77 ± 0,87c

¹Veriler elde edilen değerler ± standart sapmayı temsil etmektedir. MC: Taze meyve, MP: Meyve püresi, HP1: %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, HP2: %5 yüksek metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP1: %2.5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi, LP2: %5 düşük metoksilli pektin içeren meyve püresi. Her satırda farklı harf taşıyan örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p<0.05). TE: Tespit edilemedi.

In vitro sindirim sonrası örnekler incelendiğinde 9-cis-antheraxantin, lutein, β-karoten, likopen ve violaksantin tespit edilmiştir. Taze meyvede likopen (244,19 ± 14,71 µg/g), meyve püresinde ve %5 düşük metoksilli pektin içeren pürede β-karoten (593,54 ± 28,28 ve 133,79 ± 8,64 µg/g), %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren kuşburnu püresinde lutein (20,79 ± 2,97 µg/g) ve karotenoidlerinin en yüksek miktarda

bulunduğu tespit edilmiştir. Öte yandan %2,5 düşük metoksilli pektin içeren pürelerde ise bu bileşiklerden hiçbiri tespit edilememiştir.

Veriler incelendiğinde genel trendin pektin ilavesiyle biyoerişilebilirliğin azaldığı görülmektedir. Lutein örneği incelendiğinde %2.5 yüksek metoksilli pektin ilavesiyle bir artış gözlemlenmiş olsa da, bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p<0.05$). β -karoten örneğinde yalnızca meyve püresi örneğinde ve az miktarda %2.5 yüksek metoksilli pektinde tespit edilebilmiştir. Pektin ilavesi β -karoten miktarında dramatik bir düşüşe sebep olmuştur. Violaksantin bileşiğinde meyve püresinde anlamlı bir artış görülmüş olup, pektin ilave edilen örneklerde ise önemli miktarda azalma gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

Likopen yalnızca taze meyvede tespit edilebilirken, *in vitro* sindirim sonrası meyve pürelerinin hiçbirinde tespit edilememiştir. Likopen, karotenler arasında oldukça güçlü bir antioksidan olarak kabul edilen, yapısında oldukça fazla miktarda çift bağ bulunduran bir bileşiktir. Dolayısıyla, püre haline getirilmiş örneklerin hiçbirinde likopen tespit edilememesinin sebebi, bu örneklerde likopenin hücre duvarından koparak oksijenle tepkimeye daha elverişli hale gelmesi olarak yorumlanabilir. Öte yandan, likopenin gıda matrisinden salınımı biyoerişilebilirlik açısından önemli bir adımdır. Yapılan çalışmalarda da taze domates ile domates salçası kıyaslandığında, domates salçasında bulunan likopenin daha biyoerişilebilir olduğu görülmüştür (van het Hof, West, Weststrate ve Hautvast, 2000).

Pektinin β -karoten üzerinde etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, pektin ilavesinin β -karoten emilimi üzerinde olumsuz etki gösterdiği bildirilmiştir (Nguyen ve Schwartz, 1998). Benzer şekilde farklı diyet lifleriyle zenginleştirilmiş bir diyetle β -karoten, likopen, lutein ve canthaksantin bileşiklerinin plazmada önemli miktarda düşüş gösterdiği bildirilmiştir (Riedl, Linseisen, Hoffmann ve Wolfram, 1999). Dolayısıyla diyet liflerinin viskozite, partikül boyutu, jel oluşturma kapasitesi ve misel bağlama kapasitesi gibi özelliklerinin karotenoid absorpsiyonu ve biyoerişilebilirliği üzerinde önemli bir etkisinin bulunduğu bilinmektedir. Dolayısıyla diyet lifleri sağlık açısından önemli bileşikler olmalarına rağmen, karotenoidler açısından zengin bir diyetle tüketiminin kısıtlanması önerilmektedir (Riedl ve diğerleri, 1999).

Yapılan bir başka çalışmada lipidler ve safra tuzları üzerindeki pektin aktivitesiyle birlikte karotenoidlerin misel oluşturması engellenerek ince bağırsaktaki pasif

emilimin bloke edildiği bildirilmiştir. Pektin aynı zamanda bağırsak içerisinde viskoziteyi arttırarak enzimlerin çalışmasını zorlaştırmakta ve antioksidanların emilimini önemli ölçüde etkilemektedir. Pektinin bu etkisi, metilasyon derecesi, galakturonik asit gruplarının dağılımı ve molar kütle gibi özelliklere bağlı olarak değişebilmektedir (Al-Yafeai ve Böhm, 2018). Yapılan bir çalışmada yüksek metoksilli pektin içeren bölgelerde hücre adezyonunun daha zayıf olduğu dolayısıyla dokuların daha kolay parçalanarak küçük parçacıklar oluşturduğu bildirilmiştir. Öte yandan, düşük metilasyon derecesine sahip olan pektinin hücre duvarlarına daha sıkı bir şekilde bağlanarak parçalanmayı zorlaştırdığı, sonuç olarak da daha büyük partikül boyutuna sebep olduğu bildirilmiştir. Ana hatlarıyla söylemek gerekirse, yüksek metoksilli pektin lipolizi, safra tuzlarının bağlanmasını ve misel oluşumunu arttırırken (Cervantes-Paz ve diğerleri, 2016) , düşük metoksilli pektin ise lipoliz aşamasında kalsiyum seviyelerini azaltarak lipid ve dolayısıyla misel oluşumunu olumsuz yönde etkilemektedir (Al-Yafeai ve Böhm, 2018). Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda, elde ettiğimiz sonuçlar da literatürü destekler niteliktedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Taze tüketiminin oldukça sınırlı olduğu kuşburnu meyvesi, genellikle püre, marmelat, reçel ve çay olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada da kuşburnu püresinin farklı türde ve miktarda pektin ilavesiyle değişim gösteren toplam fenolik madde miktarı, fenolik madde profili ve toplam antioksidan kapasitesi taze kuşburnu meyvesi ve kuşburnu püresi ile karşılaştırılmıştır. Ek olarak tüm örneklerin biyoerişilebilirlikleri tespit edilerek diyet lifi-pektin arasındaki etkileşim anlaşılmasına çalışılmıştır.

Toplam fenolik madde miktarı incelendiğinde, özellikle meyve püresinin taze meyveye kıyasla 2.3 kat fazla toplam fenolik madde miktarına sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra püreler arasında bir kıyaslama yapıldığında pektin ilave edilen örneklerde fenolik madde miktarının istatistiksel olarak anlamlı bir artışa ya da azalışa sebep olmadığı görülmüştür. Meyve püresinde taze meyveye kıyasla daha fazla fenolik madde tespit edilmesinin sebebi mekanik işlemler sonucunda hücre duvarına bağlı halde bulunan fenoliklerin serbest hale geçmesi şeklinde yorumlanmaktadır. Ayrıca *in vitro* sindirim sonrası örneklerde, *in vitro* sindirim öncesindeki örneklere kıyasla toplam fenolik madde miktarının azalış gösterdiği ancak bununla birlikte, püre haline getirilmemiş taze kuşburnu meyvesinin toplam fenolik madde miktarının *in vitro* sindirim sonrasında arttığı görülmektedir. Bunun sebebi, belirtildiği üzere bazı sindirim enzimlerinin ve pH değişimlerinin öncülüğünde hücre duvarının yıkılması ve dolayısıyla bağlı fenoliklerin açığa çıkması şeklinde yorumlanabilir. Öte yandan kuşburnu pürelerinde toplam fenolik maddenin biyoerişilebilirliğinin daha düşük bulunmasının sebebi ise;

- a) Hali hazırda mekanik etkiyle açığa çıkan fenolik bileşiklerin *In vitro* sindirim koşullarında hızlı bir şekilde yıkımlanabilmesine ve
- b) Püre haline getirilen kuşburnu meyvelerinde mekanik etki sonrasında açığa çıkan fenolik bileşiklerin pektin ilavesiyle birlikte diyet liflerine bağlanarak biyoerişilebilirliklerinin kısıtlanmasına bağlanabilir.

Gıda prosesleri sonucunda doğal matriksin hasar görmesi noktasında parçacık boyutunun küçülmesiyle birlikte sindirimin kolaylaşması bilinen bir gerçektir.

Parçacık boyutunun küçülmesi yalnızca hücre duvarına bağlı olan bileşikleri ortaya çıkarmakla kalmayıp, aynı zamanda safra tuzlarının ve enzimlerin etkileşime gireceği yüzey alanını da artırarak çözünürlüğün iyileştirilmesine de faydada bulunmaktadır (Al-Yafeai ve Böhm, 2018).

Toplam antioksidan kapasitesi sonuçları incelendiğinde DPPH analizine göre pektin ilave edilen pürelerde, pektin içermeyen püreye kıyasla anlamlı bir artışa rastlanmamıştır. Toplam fenolik madde miktarına benzer şekilde meyvenin homojenizasyon işlemine tabii tutulmasıyla birlikte açığa çıkan antioksidan maddeler sayesinde pürede anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Öte yandan *in vitro* sindirim sonrasında pektin içeren pürelerin toplam antioksidan kapasitesinin pektin içermeyen püreye kıyasla daha düşük olmasına ve toplam fenolik madde miktarındaki azalışa rağmen, *in vitro* sindirim öncesi başlangıç örneklerinden daha yüksek antioksidan kapasitesinin bulunduğu görülmüştür. Bunun sebebi kuşburnu meyvesinde fenolikler dışında mevcut olan diğer antioksidan özellikteki maddelerin (c vitamini, β-karoten vb.) mekanik etkiyle açığa çıkarak toplam antioksidan kapasitesini yükseltmesi şeklinde yorumlanabilir. CUPRAC metoduyla tespit edilen toplam antioksidan kapasitesi sonuçları da DPPH yöntemine benzer şekilde *in vitro* sindirim sonrasında artış göstererek DPPH sonuçlarını destekler nitelik sergilemiştir. Öte yandan CUPRAC ile elde edilen *in vitro* sindirim sonrasındaki sonuçlar incelendiğinde ikinci %5 yüksek ve düşük metoksilli pektin içeren örneklerde, kuşburnu püresine kıyasla bir artış tespit edilmiştir. Bu farklılığın sebebi CUPRAC yönteminin daha stabil ve seçici olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Kuşburnu meyvesinden hazırlanan ekstraktlara ait HPLC kromatogram sonuçları incelendiğinde gallik asit, protokateşuik asit, kateşin, 4-hidroksibenzoik asit, sirinjik asit, elajik asit, kafeik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, mirisetin, kuersetin, klorojenik asit, rutin ve sinapik asit bulundurduğu görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde farklı fenoliklerin diyet lifleriyle olan farklı reaksiyon eğilimlerinden kaynaklanan bir trend çizdiği görülmektedir. Genel itibariyle başlangıç örneklerinde %5 yüksek metoksilli pektin içeren pürede en yüksek miktarlar gözükmekte ve bu sonuç toplam fenolik madde miktarında elde ettiğimiz sonuçla paralellik göstermektedir. *In vitro* sindirim sonrasında bazı fenoliklerin taze kuşburnu meyvesinde biyoerişilebilirliğin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebebi olarak taze meyvede bağlı durumda olan kateşinin bağırsak ortamında kadar olan süreçte pH ve enzimlerin etkisiyle yavaş bir

salınım göstermesi, püre örneklerinde ise mekanik etkiden dolayı serbest halde bulunan kateşinlerin bağırsak ortamına gelene kadar kayba uğraması şeklinde bir yorum yapılabilir. Ayrıca %5 düşük metoksilli pektin ilave edilen pürelerin hem *in vitro* sindirim öncesi hem de sonrasında daha düşük değerler sergilediği görülmektedir.

Karotenoid profili incelendiğinde 9-cis-antheraksantin, lutein, β -karoten, likopen ve violaksantin tespit edilmiştir. Kuşburnu pürelerinde likopen dışında tüm örneklerde püre haline getirilen örneklerde artış gözlemlenmiştir. *In-vitro* sindirim sonrasında ise genel trendin pektin ilavesiyle biyoerişilebilirliğin azaldığı görülmektedir. Likopen yalnızca taze meyvede tespit edilebilirken, *in vitro* sindirim sonrası meyve pürelerinin hiçbirinde tespit edilememiştir. Bununla birlikte pektin ilavesi β -karoten miktarında dramatik bir düşüşe sebep olmuştur. Literatürde yapılan bazı çalışmalarda da pektin ilavesinin karotenoidlerin biyoerişilebilirliğini olumsuz yönde etkilediğine dair bir çok çalışma bulunmaktadır. Diyet liflerinin viskozite, partikül boyutu, jel oluşturma kapasitesi ve misel bağlama kapasitesi gibi özelliklerinin karotenoid absorpsiyonu ve biyoerişilebilirliği üzerinde önemli bir etkisinin bulunduğu bildirilmiştir. Dolayısıyla diyet lifleri sağlık açısından önemli bileşikler olmalarına rağmen, karotenoidler açısından zengin bir diyetle tüketiminin kısıtlanması önerilmektedir

Sonuç olarak kuşburnu meyvesine uygulanan mekanik etkinin toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan kapasitesini arttırmada önemli bir rolünün olduğu görülmüştür. Öte yandan pektin ilave edilen örneklerde toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan kapasitesinde azalmaya yol açtığı görülürken, *in vitro* sindirim sonrasında %5 yüksek ve düşük metoksilli pektin içeren örneklerde toplam antioksidan kapasitesinde artış söz konusu olmuştur. HPLC ile fenolik profilini incelediğimizde ise *in vitro* sindirim sonrasında pektin içeren örnekler yalnızca elajik asit ve kafeik asidin biyoerişilebilirliği üzerinde artışa neden olmuştur.

Diyet lifleriyle zenginleştirilmiş fonksiyonel gıdaların sağlıklı ürünler geliştirilmesinde ve gıda endüstrisinde yeni bir pazar payının oluşturulmasındaki önemi büyük olmakla beraber, literatürde pektin-fenol etkileşimlerinin ve biyoerişilebilirlik üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Bildiğimiz kadarıyla, literatürde farklı diyet lifi ilavesinin kuşburnu püresinde bulunan antioksidan maddeler üzerindeki etkisini araştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca pektin-fenol arasındaki etkileşimlerin diyet lifinin iç kısmında mı, yüzeyinde

mi meydana geldiğini gösteren bir çalışma bulunmadığına dikkat edilmelidir. Bununla birlikte, fenolik bileşiklerin pektin ile bağımsız ve farklı alanlarda etkileşime girip girmediği de bilinmemektedir. Dolayısıyla pektin-fenol etkileşimi üzerindeki daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

Çalışmamızda pektin ilavesinin kuşburnu püresindeki antioksidanların miktar ve biyoerişilebilirliği üzerindeki etkiyi açıklığa kavuşturmayı amaçlarken, bu etkileşimlerin tam olarak anlaşılabilmesi için daha fazla biyoerişilebilirlik çalışması yapılmalı ve gerek farklı gıdalarla tüketimi, gerekse *in vivo* çalışmalarla birlikte desteklenmesi gerekmektedir.



KAYNAKÇA

- Abete, I., Perez-Cornago, A., Navas-Carretero, S., Bondia-Pons, I., Zulet, M. A. ve Martinez, J. A. (2013). A regular lycopene enriched tomato sauce consumption influences antioxidant status of healthy young-subjects: A crossover study. *Journal of Functional Foods*, 5(1), 28-35. doi:10.1016/j.jff.2012.07.007
- Adesulu-Dahunsi, A. T., Sanni, A. I. ve Jeyaram, K. (2018). Production, characterization and In vitro antioxidant activities of exopolysaccharide from *Weissella cibaria* GA44. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 432-442. doi:10.1016/j.lwt.2017.09.013
- Altun, B., Boyacı, S. ve Kazankaya, A. (2021). Kuşburnunda (*Rosa canina* L.) Tohum Çıkışı ve Çöğür Gelişimi Üzerine Farklı Katlama Ortamlarının ve Sıcaklık Uygulamalarının Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(2), 330-336. doi:10.29133/yyutbd.846822
- Al-Yafeai, A. ve Böhm, V. (2018). In Vitro Bioaccessibility of Carotenoids and Vitamin e in Rosehip Products and Tomato Paste As Affected by Pectin Contents and Food Processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(15), 3801-3809. doi:10.1021/ACS.JAFC.7B05855
- Anantharaju, P. G., Gowda, P. C., Vimalambike, M. G. ve Madhunapantula, S. v. (2016). An overview on the role of dietary phenolics for the treatment of cancers. *Nutrition Journal* 2016 15:1, 15(1), 1-16. doi:10.1186/S12937-016-0217-2
- Andersson, S. C., Rumpunen, K., Johansson, E. ve Olsson, M. E. (2011). Carotenoid content and composition in rose hips (*Rosa* spp.) during ripening, determination of suitable maturity marker and implications for health promoting food products. *Food Chemistry*, 128(3), 689-696. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2011.03.088
- Andersson, U., Berger, K., Högberg, A., Landin-Olsson, M. ve Holm, C. (2012). Effects of rose hip intake on risk markers of type 2 diabetes and cardiovascular disease: a randomized, double-blind, cross-over investigation in obese persons. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66(5), 585. doi:10.1038/EJCN.2011.203
- 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
- Armstrong, H., Mander, I., Zhang, Z., Armstrong, D. ve Wine, E. (2021). Not All Fibers Are Born Equal; Variable Response to Dietary Fiber Subtypes in IBD. *Frontiers in pediatrics*, 8, 620189. doi:10.3389/FPED.2020.620189
- Aydemir, S. (2012). Kuşburnu Bitkisinin Biyoaktif Kompozisyonu. (*Doctoral dissertation, Karadeniz Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Kimya Bölümü/Kimya Anabilim Dalı*).

- Barros, L., Carvalho, A. M., Morais, J. S. ve Ferreira, I. (2010). Strawberry-tree, blackthorn and rose fruits: Detailed characterisation in nutrients and phytochemicals with antioxidant properties. *Food Chemistry*, 120(1), 247-254. https://www.academia.edu/7229241/Strawberry_tree_blackthorn_and_rose_fruits_Detailed_characterisation_in_nutrients_and_phytochemicals_with_antioxidant_properties adresinden erişildi.
- Barros, Lillian, Carvalho, A. M. ve Ferreira, I. C. F. R. (2011a). Exotic fruits as a source of important phytochemicals: Improving the traditional use of *Rosa canina* fruits in Portugal. *Food Research International*, 44(7), 2233-2236. doi:10.1016/J.FOODRES.2010.10.005
- Barros, Lillian, Carvalho, A. M. ve Ferreira, I. C. F. R. (2011b). Exotic fruits as a source of important phytochemicals: Improving the traditional use of *Rosa canina* fruits in Portugal. *Food Research International*, 44(7), 2233-2236. doi:10.1016/J.FOODRES.2010.10.005
- Bermúdez-Oria, A., Rodríguez-Gutiérrez, G., Rodríguez-Juan, E., González-Benjumea, A. ve Fernández-Bolaños, J. (2018). Molecular interactions between 3,4-dihydroxyphenylglycol and pectin and antioxidant capacity of this complex in vitro. *Carbohydrate Polymers*, 197, 260-268. doi:10.1016/j.carbpol.2018.05.089
- Bohn, T. (2014). Dietary factors affecting polyphenol bioavailability. *Nutrition Reviews*, 72(7), 429-452. 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), 14-21. doi:10.1016/j.foodchem.2011.02.052
- Cameron, E. ve Pauling, L. (1976). Supplemental ascorbate in the supportive treatment of cancer: Prolongation of survival times in terminal human cancer. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 73(10), 3685-3689. doi:10.1073/PNAS.73.10.3685
- Capanoglu, E., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., Hall, R. ve De Vos, R. (2008). Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 964-973. doi:10.1021/JF072990E
- Carlson, J. L., Erickson, J. M., Lloyd, B. B. ve Slavin, J. L. (2018). Health Effects and Sources of Prebiotic Dietary Fiber. *Current developments in nutrition*, 2(3). doi:10.1093/CDN/NZY005
- Cervantes-Paz, B., Ornelas-Paz, J. de J., Pérez-Martínez, J. D., Reyes-Hernández, J., Zamudio-Flores, P. B., Rios-Velasco, C., ... Ruiz-Cruz, S. (2016). Effect of pectin concentration and properties on digestive events involved on micellarization of free and esterified carotenoids. *Food Hydrocolloids*, 60. doi:10.1016/j.foodhyd.2016.04.038

- Chaillou, L. L. ve Nazareno, M. A. (2006). New method to determine antioxidant activity of polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(22). doi:10.1021/jf061729f
- Chou, T. C. (2010). Drug combination studies and their synergy quantification using the chou-talalay method. *Cancer Research*. doi:10.1158/0008-5472.CAN-09-1947
- Çakır Atabek, H. ve Özdemir, F. (2009). C Vitamini İlavesinin Egzersiz Performansına ve Kas Hasarına Etkisi. *BESBD*, 5(2), 60-69.
- Çelik, F., Kazankaya, A. ve Ercisli, S. (2009). Fruit characteristics of some selected promising rose hip (*Rosa* spp.) genotypes from Van region of Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 4(3), 236-240.
- Demir, N., Yildiz, O., Alpaslan, M. ve Hayaloglu, A. A. (2014). Evaluation of volatiles, phenolic compounds and antioxidant activities of rose hip (*Rosa* L.) fruits in Turkey. *LWT - Food Science and Technology*, 57(1), 126-133. doi:10.1016/J.LWT.2013.12.038
- Dib, T., Pan, H. ve Chen, S. (2022). Recent Advances in Pectin-based Nanoencapsulation for Enhancing the Bioavailability of Bioactive Compounds: Curcumin Oral Bioavailability. *Food Reviews International*. doi:10.1080/87559129.2021.2012796
- Dilna, S. V., Surya, H., Aswathy, R. G., Varsha, K. K., Sakthikumar, D. N., Pandey, A. ve Nampoothiri, K. M. (2015). Characterization of an exopolysaccharide with potential health-benefit properties from a probiotic *Lactobacillus plantarum* RJF4. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 1179-1186. doi:10.1016/j.lwt.2015.07.040
- Dima, C., Assadpour, E., Dima, S. ve Jafari, S. M. (2020). Bioavailability and bioaccessibility of food bioactive compounds; overview and assessment by in vitro methods. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 19(6), 2862-2884. doi:10.1111/1541-4337.12623
- Duru, N., Karadeniz, F. ve Erge, H. S. (2012). Changes in Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and HMF Formation in Rosehip Nectars During Storage. *Food and Bioprocess Technology*, 5(7), 2899-2907. doi:10.1007/s11947-011-0657-9
- Egea, I., Sánchez-Bel, P., Romojaro, F. ve Pretel, M. T. (2010). Six edible wild fruits as potential antioxidant additives or nutritional supplements. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(2), 121-129. doi:10.1007/S11130-010-0159-3
- Ercisli, S. (2007a). Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* spp.) species. *Food Chemistry*, 104(4), 1379-1384. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2007.01.053
- Ercisli, S. (2007b). Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* spp.) species. *Food Chemistry*, 104(4), 1379-1384. doi:10.1016/j.foodchem.2007.01.053

- Ercişli, S., Eşitken, A. ve Güteryüz, M. (2000). Erzurum (Merkez ilçe), Tortum, Pazaryolu ve Pasinler ilçelerinde doğal olarak yetişen kuşburnuların (*Rosa spp.*) seleksiyon yoluyla ıslahı üzerinde bir araştırma. *Bahçe*, 29(1-2), 39-44. <https://app.trdizin.gov.tr/makale/TWpVMk16UTA=/erzurum-merkez-ilce-tortum-pazaryolu-ve-pasinler-ilcelerinde-dogal-olarak-yetisen-kusburnularin-rosa-spp-seleksiyon-yoluyla-islahi-uzerinde-bir-arastirma> adresinden erişildi.
- Fattahi, S., Jamei, R. ve Sarghein, S. H. (2012). Antioxidant and antiradical activities of *Rosa canina* and *Rosa pimpinellifolia* fruits from West Azerbaijan. Somaye Fattahi, Rashid Jamei* and Siavash Hosseini Sarghein. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 2(4), 523-529. doi:10.22034/IJPP.2012.540789
- Fu, L., Xu, B. T., Xu, X. R., Gan, R. Y., Zhang, Y., Xia, E. Q. ve Li, H. bin. (2011). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*, 129(2), 345-350. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2011.04.079
- Gałkowska, D., Długosz, M., Juszczak, L., Takamine, K., Abe, J., Shimono, K., ... Sriamornsak, P. (2003). Chemistry of Pectin and Its Pharmaceutical Uses : A Review. *Silpakorn University Open Journal Systems*, 3(4).
- Gao, X., Bjork, L., Trajkovski, V. ve Uggla, M. (2000). Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(14), 2021-2027. https://www.researchgate.net/publication/227863058_Evaluation_of_antioxidant_activities_of_rosehip_ethanol_extract_in_different_test_systems adresinden erişildi.
- Ghazghazi, H., Miguel, M. G., Hasnaoui, B., Sebei, H., Ksontini, M., Figueiredo, A. C., ... Barroso, J. G. (2010). Phenols, essential oils and carotenoids of *Rosa canina* from Tunisia and their antioxidant activities. *African Journal of Biotechnology*, 9(18), 2709-2716. <http://www.academicjournals.org/AJB> adresinden erişildi.
- Grosso, G., Bei, R., Mistretta, A. ve Marventano, S. (2013). Effects of vitamin C on health: A review of evidence. *Frontiers in bioscience (Landmark edition)*, 18(3), 1017-29. doi:10.2741/4160
- Günes-Bayir, A. ve Kiziltan, H. S. (2015). Palliative Vitamin C Application in Patients with Radiotherapy-Resistant Bone Metastases: A Retrospective Study. *Nutrition and cancer*, 67(6), 921-925. doi:10.1080/01635581.2015.1055366
- Hadley, C. W., Miller, E. C., Schwartz, S. J. ve Clinton, S. K. (2002). Tomatoes, lycopene, and prostate cancer: Progress and promise. *Experimental Biology and Medicine*, 227(10), 869-880. doi:10.1177/153537020222701006
- Hollman, P. C. H. (2001). Evidence for health benefits of plant phenols: Local or systemic effects? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 842-852. doi:10.1002/JSFA.900

- Jakobek, L. ve Matić, P. (2019). Non-covalent dietary fiber - Polyphenol interactions and their influence on polyphenol bioaccessibility. *Trends in Food Science and Technology*, 83, 235-247. doi:10.1016/j.tifs.2018.11.024
- Jha, R., Fohse, J. M., Tiwari, U. P., Li, L. ve Willing, B. P. (2019). Dietary Fiber and Intestinal Health of Monogastric Animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 6(48). doi:10.3389/FVETS.2019.00048
- Johnson, E. J., Hammond, B. R., Yeum, K. J., Qin, J., Wang, X. D., Castaneda, C., ... Russell, R. M. (2000). Relation among serum and tissue concentrations of lutein and zeaxanthin and macular pigment density. *The American journal of clinical nutrition*, 71(6), 1555-1562. doi:10.1093/AJCN/71.6.1555
- Kamiloglu, S., Tomas, M., Ozdal, T. ve Capanoglu, E. (2020). Effect of food matrix on the content and bioavailability of flavonoids. *Trends in Food Science and Technology*, 117, 15-33. doi:10.1016/J.TIFS.2020.10.030
- Kamiloglu, S., Tomas, M., Ozdal, T. ve Capanoglu, E. (2021). Effect of food matrix on the content and bioavailability of flavonoids. *Trends in Food Science & Technology*, 117, 15-33. doi:10.1016/J.TIFS.2020.10.030
- Karabulut, G. ve Yemiş, O. (2019). Fenolik Bileşiklerin Bağlı Formları ve Biyoyararlılığı. *Akademik Gıda*, 17(4), 526-537. doi:10.24323/akademik-gida.667270
- Kazaz, S., Baydar, H. ve Erbas, S. (2009). Variations in Chemical Compositions of *Rosa damascena* Mill. and *Rosa canina* L. Fruits. *Czech J. Food Sci*, 27(3), 178-184.
- Koca, İ., Koca, A. F. ve Yolcu, H. (2008). Fonksiyonel Gıda Olarak Kuşburnu. *Türkiye 10. Gıda Kongresi; 21-23 Mayıs 2008, Erzurum*, (4), 587-590.
- Koczka, N., Stefanovits-Bányai, É. ve Ombódi, A. (2018). Total Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Rosehips of Some *Rosa* Species. *Medicines*, 5(3), 84. doi:10.3390/MEDICINES5030084
- Kopsell, D. A. ve Kopsell, D. E. (2010a). Carotenoids in vegetables: Biosynthesis, occurrence, impacts on human health, and potential for manipulation. *Bioactive Foods in Promoting Health*, 645-662. doi:10.1016/B978-0-12-374628-3.00040-2
- Kopsell, D. A. ve Kopsell, D. E. (2010b). Carotenoids in vegetables: Biosynthesis, occurrence, impacts on human health, and potential for manipulation. *Bioactive Foods in Promoting Health*, 645-662. doi:10.1016/B978-0-12-374628-3.00040-2
- Kruger, J., Sus, N. ve Frank, J. (2020). Ascorbic acid, sucrose and olive oil lipids mitigate the inhibitory effects of pectin on the bioaccessibility and Caco-2 cellular uptake of ferulic acid and naringenin. *Food and Function*, 11(5). doi:10.1039/d0fo00129e

- Kumaran, A. ve Karunakaran, R. J. (2006). Antioxidant activities of the methanol extract of *Cardiospermum halicacabum*. *Pharmaceutical Biology*, 44(2), 146-151. doi:10.1080/13880200600596302
- le Bourvellec, C., Bouchet, B. ve Renard, C. M. G. C. (2005). Non-covalent interaction between procyanidins and apple cell wall material. Part III: Study on model polysaccharides. *Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects*, 1725(1), 10-18. doi:10.1016/j.bbagen.2005.06.004
- Liu, X., le Bourvellec, C. ve Renard, C. M. G. C. (2020). Interactions between cell wall polysaccharides and polyphenols: Effect of molecular internal structure. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3574-3617. doi:10.1111/1541-4337.12632
- Magiorkinis, E., Beloukas, A. ve Diamantis, A. (2011). Scurvy: Past, present and future. *European Journal of Internal Medicine*, 22(2), 147-152. doi:10.1016/J.EJIM.2010.10.006
- Mangels, A. R., Holden, J. M., Beecher, G. R., Forman, M. R. ve Lanza, E. (1993). Carotenoid content of fruits and vegetables: An evaluation of analytic data. *Journal of the American Dietetic Association*, 93(3), 284-296. doi:10.1016/0002-8223(93)91553-3
- Medveckiene, B., Kulaitiene, J., Jariene, E., Vaitkevičienė, N. ve Hallman, E. (2020). Carotenoids, polyphenols, and ascorbic acid in organic rosehips (*Rosa* spp.) cultivated in Lithuania. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(15), 5337. doi:10.3390/APP10155337
- Medveckienė, B., Kulaitienė, J., Levickienė, D. ve Hallmann, E. (2021). The effect of ripening stages on the accumulation of carotenoids, polyphenols and vitamin C in rosehip species/cultivars. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(15), 6761. doi:10.3390/app11156761
- Memişoğulları, R. (2005). Diyabette Serbest Radikallerin Rolü ve Antioksidanların Etkisi The Role of Free Radicals and the Effect of Antioxidants in Diabetes. *Diyabette Serbest Radikaller ve Antioksidanlar*, 3, 30-39.
- Mercado-Mercado, G., de la Rosa, L. A. ve Alvarez-Parrilla, E. (2020). Effect of pectin on the interactions among phenolic compounds determined by antioxidant capacity. *Journal of Molecular Structure*, 1199, 126967. doi:10.1016/J.MOLSTRUC.2019.126967
- Minekus, M., Alming, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., ... Brodkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food-an international consensus. *Food and Function*, 5(6), 1113-1124. doi:10.1039/c3fo60702j
- Mouhajir, F., Hudson, J. B., Rejdali, M. ve Towers, G. H. N. (2008). Multiple Antiviral Activities of Endemic Medicinal Plants Used by Berber Peoples of Morocco. <http://dx.doi.org/10.1076/phbi.39.5.364.5892>, 39(5), 364-374. doi:10.1076/PHBI.39.5.364.5892

- Munarin, F., Tanzi, M. C. ve Petrini, P. (2012). Advances in biomedical applications of pectin gels. *International Journal of Biological Macromolecules*, 51(4), 681-689. doi:10.1016/J.IJBIOMAC.2012.07.002
- Murathan, Z. T., Zarifikhosroshahi, M., Kafkas, E. ve Sevindik, E. (2016). Characterization of bioactive compounds in rosehip species from east anatolia region of Turkey. *Italian Journal of Food Science*, 28(2), 314-325.
- Nadpal, J. D., Lesjak, M. M., Šibul, F. S., Anačkov, G. T., Četojević-Simin, D. D., Mimica-Dukić, N. M. ve Beara, I. N. (2016). Comparative study of biological activities and phytochemical composition of two rose hips and their preserves: *Rosa canina* L. and *Rosa arvensis* Huds. *Food Chemistry*, 192, 907-914. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2015.07.089
- Nguyen, M. L. ve Schwartz, S. J. (1998). Lycopene stability during food processing. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* içinde (C. 218). doi:10.3181/00379727-218-44274
- Ninomiya, K., Matsuda, H., Kubo, M., Morikawa, T., Nishida, N. ve Yoshikawa, M. (2007). Potent anti-obese principle from *Rosa canina*: structural requirements and mode of action of trans-tiliroside. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 17(11), 3059-3064. doi:10.1016/J.BMCL.2007.03.051
- Nojavan, S., Khalilian, F., Kiaie, F. M., Rahimi, A., Arabanian, A. ve Chalavi, S. (2008). Extraction and quantitative determination of ascorbic acid during different maturity stages of *Rosa canina* L. fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(4), 300-305. doi:10.1016/J.JFCA.2007.11.007
- Oidtmann, J., Schantz, M., Mäder, K., Baum, M., Berg, S., Betz, M., ... Richling, E. (2012). Preparation and Comparative Release Characteristics of Three Anthocyanin Encapsulation Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(3), 844-851. doi:10.1021/JF2047515
- Orhan, D. ve Hartevioglu, A. (2013). Chemical Composition and Biological Activities of Rosehip. *Spatula DD - Peer Reviewed Journal on Complementary Medicine and Drug Discovery*, 3(1), 1. doi:10.5455/spatula.20130105100618
- Öz, M., Baltacı, C. ve Deniz, İ. (2018). Gümüşhane Yöresi Kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve Siyah Kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) Meyvelerinin C Vitamini ve Şeker Analizleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2), 284-292. doi:10.17714/gumusfenbil.327635
- Özdemir, F., Topuz, A. ve Karkacier, M. (1998). KUŞBURNU PULPUNUN MARMELATA İŞLENMESİNDE PİŞİRME YÖNTEMİ VE FORMÜLASYONUN MARMELAT KALİTESİNE ETKİSİ. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(2), 577-580.
- Palafox-Carlos, H., Ayala-Zavala, J. F. ve González-Aguilar, G. A. (2011). The role of dietary fiber in the bioaccessibility and bioavailability of fruit and vegetable antioxidants. *Journal of food science*, 76(1), R6-R15. doi:10.1111/J.1750-3841.2010.01957.X

- Phan, A. D. T., D'Arcy, B. R. ve Gidley, M. J. (2016). Polyphenol-cellulose interactions: Effects of pH, temperature and salt. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(1), 203-211. doi:10.1111/ijfs.13009
- Rao, A. v. ve Rao, L. G. (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological research*, 55(3), 207-216. doi:10.1016/J.PHRS.2007.01.012
- Rein, E., Kharazmi, A. ve Winther, K. (2004). A herbal remedy, Hyben Vital (stand. powder of a subspecies of *Rosa canina* fruits), reduces pain and improves general wellbeing in patients with osteoarthritis--a double-blind, placebo-controlled, randomised trial. *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 11(5), 383-391. doi:10.1016/J.PHYMED.2004.01.001
- Riedl, J., Linseisen, J., Hoffmann, J. ve Wolfram, G. (1999). Some dietary fibers reduce the absorption of carotenoids in women. *Journal of Nutrition*, 129(12). doi:10.1093/jn/129.12.2170
- Roman, I., Stănilă, A. ve Stănilă, S. (2013a). Bioactive compounds and antioxidant activity of *Rosa canina* L. biotypes from spontaneous flora of Transylvania. *Chemistry Central journal*, 7(1), 1-10. doi:10.1186/1752-153X-7-73
- Roman, I., Stănilă, A. ve Stănilă, S. (2013b). Bioactive compounds and antioxidant activity of *Rosa canina* L. biotypes from spontaneous flora of Transylvania. *Chemistry Central journal*, 7(1), 1-10. doi:10.1186/1752-153X-7-73
- Rosu, C. M., Zenovia, O., Alexandru, U., Cuza, I., Botanicae, N., Agrobotanici, H., ... Zamfirache, M. M. (2011). Several Fruit Characteristics of *Rosa* sp. Genotypes from the Northeastern Region of Romania. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*, 39(2), 203-208. doi:10.15835/nbha3926333
- 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), 1460-1461. doi:10.1111/j.1365-2621.1990.tb03958.x
- Sengul, H., Surek, E. ve Nilufer-Erdil, D. (2014). Investigating the effects of food matrix and food components on bioaccessibility of pomegranate (*Punica granatum*) phenolics and anthocyanins using an in-vitro gastrointestinal digestion model. *Food Research International*, 62, 1069-1079. doi:10.1016/J.FOODRES.2014.05.055
- Setiawan, B., Sulaeman, A., Giraud, D. W. ve Driskell, J. A. (2001). Carotenoid Content of Selected Indonesian Fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14(2), 169-176. doi:10.1006/JFCA.2000.0969
- Shiota, S., Shimizu, M., Mizusima, T., Ito, H., Hatano, T., Yoshida, T. ve Tsuchiya, T. (2000). Restoration of effectiveness of β -lactams on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* by tellimagrandin I from rose red. *FEMS Microbiology Letters*, 185(2), 135-138. doi:10.1111/J.1574-6968.2000.TB09051.X
- Shiota, S., Shimizu, M., Sugiyama, J., Morita, Y., Mizushima, T. ve Tsuchiya, T. (2004). Mechanisms of Action of Corilagin and Tellimagrandin I That

- Remarkably Potentiate the Activity of β -Lactams against Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Microbiology and Immunology*, 48(1), 67-73. doi:10.1111/J.1348-0421.2004.TB03489.X
- Sotler, R., Poljšak, B., Dahmane, R., Jukić, T., Pavan Jukić, D., Rotim, C., ... Starc, A. (2019). Prooxidant activities of antioxidants and their impact on health. *Acta Clinica Croatica*, 58(4), 726. doi:10.20471/ACC.2019.58.04.20
- Spencer, J. P. E., Abd El Mohsen, M. M., Minihane, A. M. ve Mathers, J. C. (2008). Biomarkers of the intake of dietary polyphenols: strengths, limitations and application in nutrition research. *The British journal of nutrition*, 99(1), 12-22. doi:10.1017/S0007114507798938
- Srivastava, P. ve Malviya, R. (2011). Sources of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry - an overview. *Indian Journal of Natural Products and Resources*.
- Swaraz, A. M., Sultana, F., Bari, M. W., Ahmed, K. S., Hasan, M., Islam, M. M., ... Raihan, M. O. (2021). Phytochemical profiling of *Blumea laciniata* (Roxb.) DC. and its phytopharmaceutical potential against diabetic, obesity, and Alzheimer's. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 141, 111859. doi:10.1016/j.biopha.2021.111859
- Tang, H. Y., Fang, Z. ve Ng, K. (2020). Dietary fiber-based colon-targeted delivery systems for polyphenols. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 333-348. doi:10.1016/J.TIFS.2020.04.028
- Tomas, M. (2022). Effect of dietary fiber addition on the content and in vitro bioaccessibility of antioxidants in red raspberry puree. *Food Chemistry*, 375, 131897. doi:10.1016/j.foodchem.2021.131897
- Tomas, M., Beekwilder, J., Hall, R. D., Diez Simon, C., Sagdic, O. ve Capanoglu, E. (2018). Effect of dietary fiber (inulin) addition on phenolics and in vitro bioaccessibility of tomato sauce. *Food Research International*, 106, 129-135. doi:10.1016/J.FOODRES.2017.12.050
- Tomas, M., Rocchetti, G., Ghisoni, S., Giuberti, G., Capanoglu, E. ve Lucini, L. (2020). Effect of different soluble dietary fibres on the phenolic profile of blackberry puree subjected to in vitro gastrointestinal digestion and large intestine fermentation. *Food Research International*, 130, 108954. doi:10.1016/J.FOODRES.2019.108954
- van Gorkom, G. N. Y., Lookermans, E. L., van Elssen, C. H. M. J. ve Bos, G. M. J. (2019). The Effect of Vitamin C (Ascorbic Acid) in the Treatment of Patients with Cancer: A Systematic Review. *Nutrients*, 11(5), 977. doi:10.3390/NU11050977
- van het Hof, K. H., West, C. E., Weststrate, J. A. ve Hautvast, J. G. A. J. (2000). Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids. *Journal of Nutrition*, 130(3). doi:10.1093/jn/130.3.503

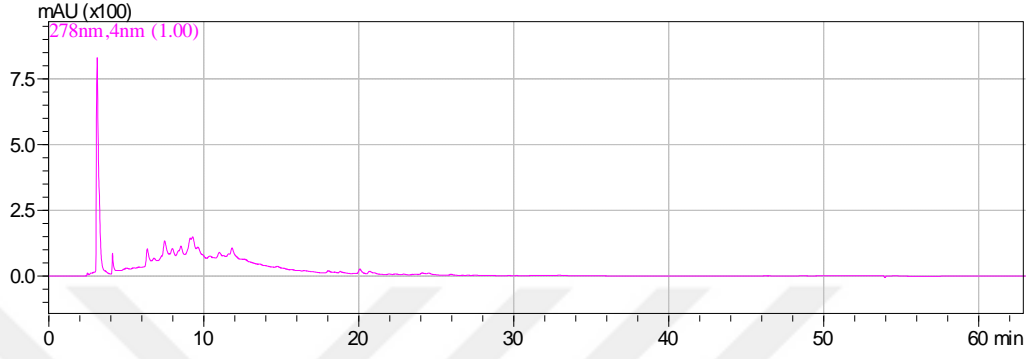
- Vanderslice, J. T. ve Higgs, D. J. (1991). Vitamin C content of foods: sample variability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54(6), 1323S-1327S. doi:10.1093/AJCN/54.6.1323S
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L. ve Oomah, B. D. (1998). Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4113-4117. doi:10.1021/jf9801973
- Wahle, K. W. J., Brown, I., Rotondo, D. ve Heys, S. D. (2010). Plant phenolics in the prevention and treatment of cancer. *Advances in experimental medicine and biology*, 698, 36-51. doi:10.1007/978-1-4419-7347-4_4
- Wang, L. ve Weller, C. L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science and Technology*, 17(6), 300-312. doi:10.1016/j.tifs.2005.12.004
- Warholm, O., Skaar, S., Hedman, E., Mølmen, H. M. ve Eik, L. (2003). The Effects of a Standardized Herbal Remedy Made from a Subtype of *Rosa canina* in Patients with Osteoarthritis: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Clinical Trial. *Current Therapeutic Research, Clinical and Experimental*, 64(1), 21. doi:10.1016/S0011-393X(03)00004-3
- Winther, K., Rein, E. ve Kharazmi, A. (1999). The anti-inflammatory properties of rose-hip. *InflammoPharmacology 1999 7:1*, 7(1), 63-68. doi:10.1007/S10787-999-0026-8
- Yamankaradeniz, R. (1983). Farklı Olum Aşamalarındaki Kuşburnu (*Rosa sp.*) nun Fiziksel ve Kimyasal Nitelikleri. *Gıda*, 8(4).
- Yilmaz, S. O. ve Ercisli, S. (2011). Antibacterial and antioxidant activity of fruits of some rose species from Turkey. *Romanian Biotechnological Letters*, 16(4), 6407-6411.
- Yoo, K. M., Lee, C. H., Lee, H., Moon, B. K. ve Lee, C. Y. (2008). Relative antioxidant and cytoprotective activities of common herbs. *Food Chemistry*, 106(3), 929-936. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2007.07.006
- Zhang, D., Zhu, J., Ye, F. ve Zhao, G. (2017). Non-covalent interaction between ferulic acid and arabinan-rich pectic polysaccharide from rapeseed meal. *International Journal of Biological Macromolecules*, 103. doi:10.1016/j.ijbiomac.2017.05.053
- Zhu, F. (2018). Interactions between cell wall polysaccharides and polyphenols. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(11), 1808-1831. doi:10.1080/10408398.2017.1287659
- Zhu, J., Zhang, D., Tang, H. ve Zhao, G. (2018). Structure relationship of non-covalent interactions between phenolic acids and arabinan-rich pectic polysaccharides from rapeseed meal. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120, 2597-2603. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.09.036
- Zingue, S., do Carmo, Í. A. R., Tchoumtchoua, J., Tchoupang, E. N., Bratti, L. de O. S., Mora, T. D., ... Filipin-Monteiro, F. B. (2018). *Millettia macrophylla*

(Fabaceae) phenolic fraction prevents differentiation of 3T3-L1 adipocytes and the increased risks of cardiovascular diseases in ovariectomized rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 222, 87-98. doi:10.1016/j.jep.2018.04.046

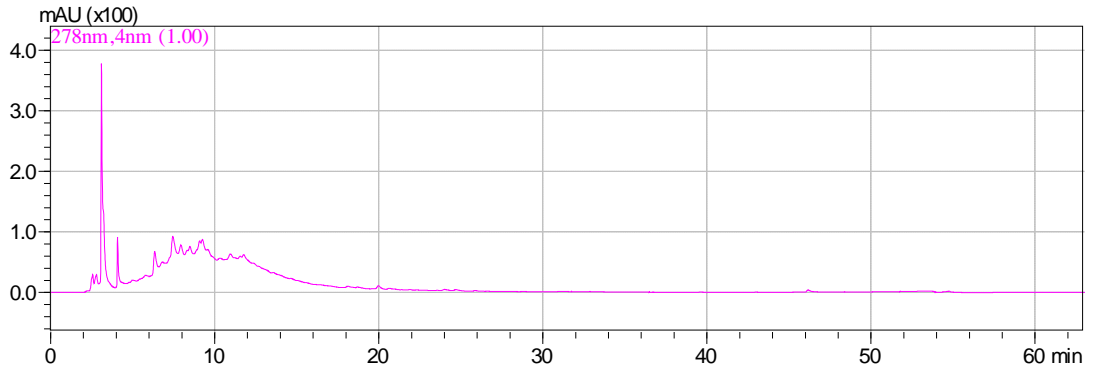


EKLER

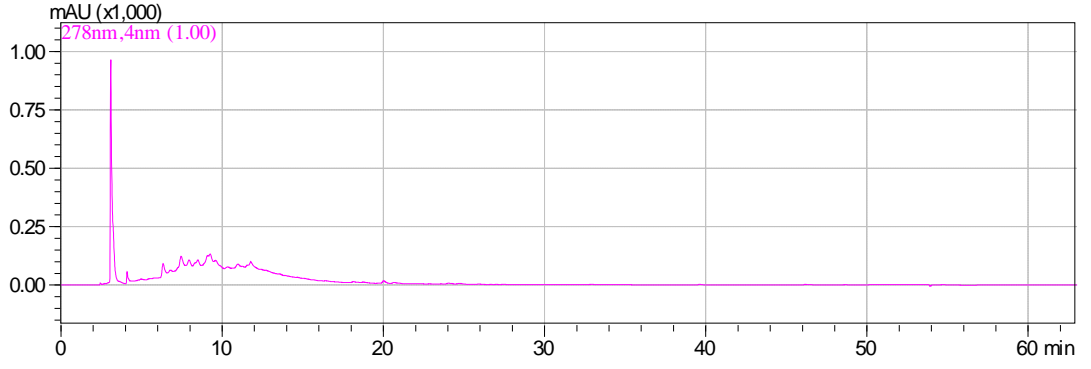
Ek A: HPLC Kromatogramları



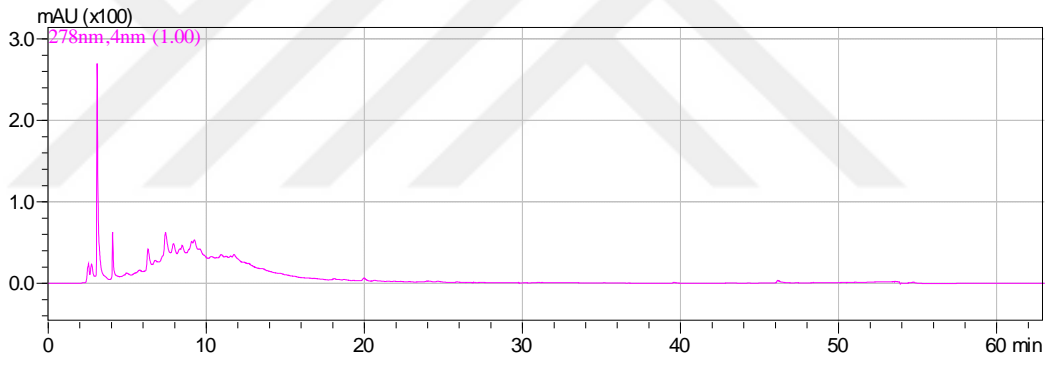
Şekil A. 1. Meyve kontrol örneğinin 278 nm'deki kromatogramı.



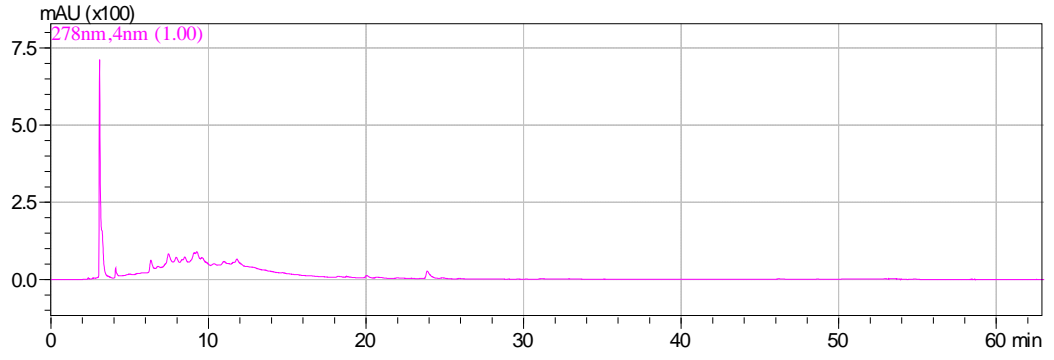
Şekil A. 2. Meyve kontrol örneğinin *in vitro* sindirim sonrası 278 nm'deki kromatogramı



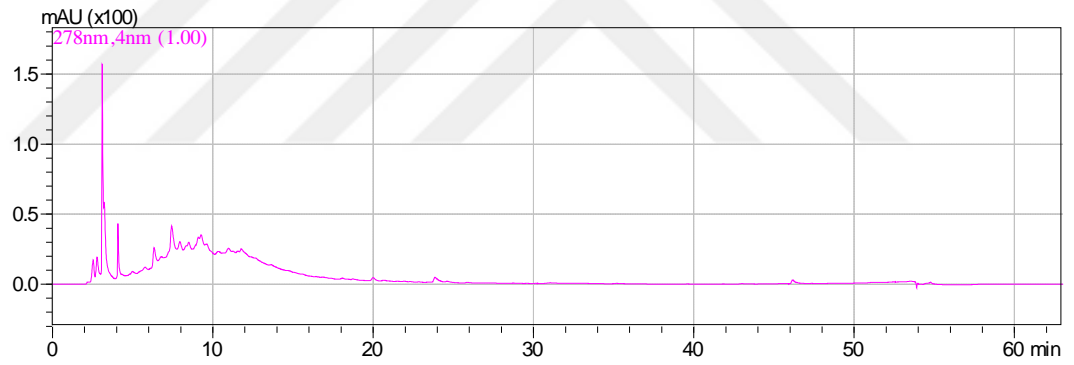
Şekil A. 3. Meyve püresi örneğinin 278 nm'deki kromatogramı



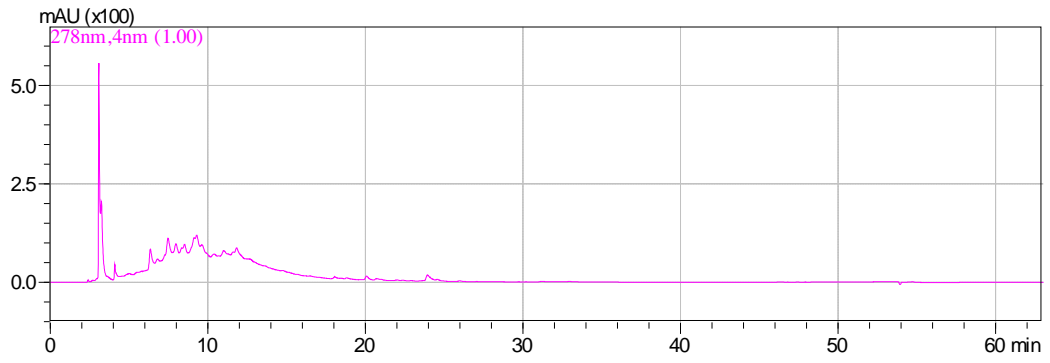
Şekil A. 4. Meyve püresi örneğinin *in vitro* sindirim sonrası 278 nm'deki kromatogramı



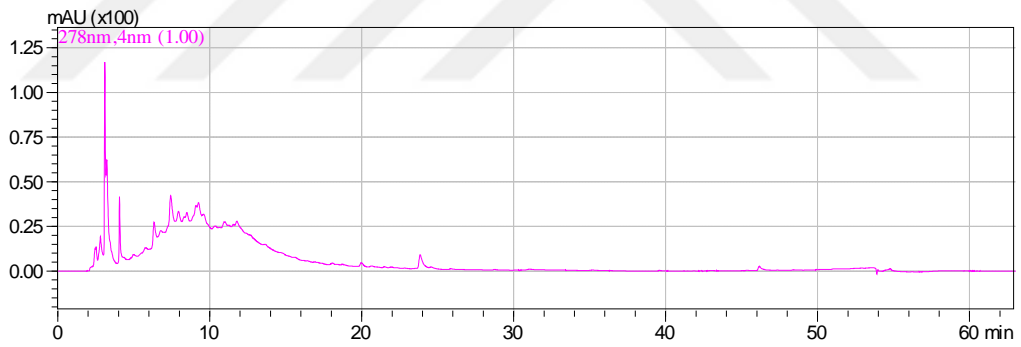
Şekil A. 5. %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin 278 nm'deki kromatogramı



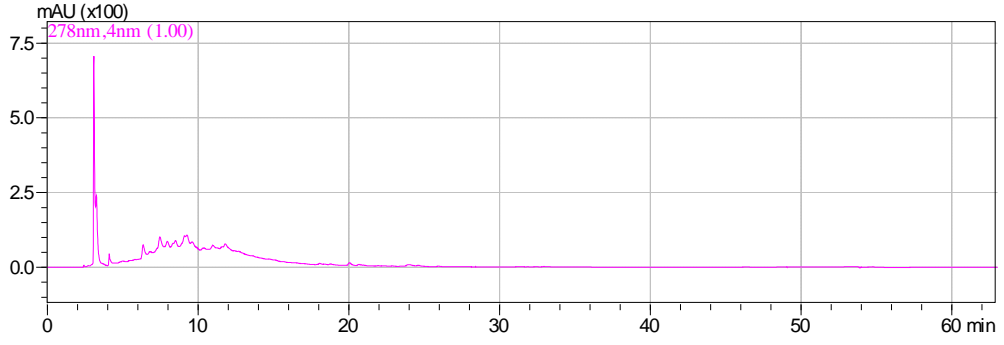
Şekil A. 6. %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin *in vitro* sindirim sonrası 278 nm'deki kromatogramı



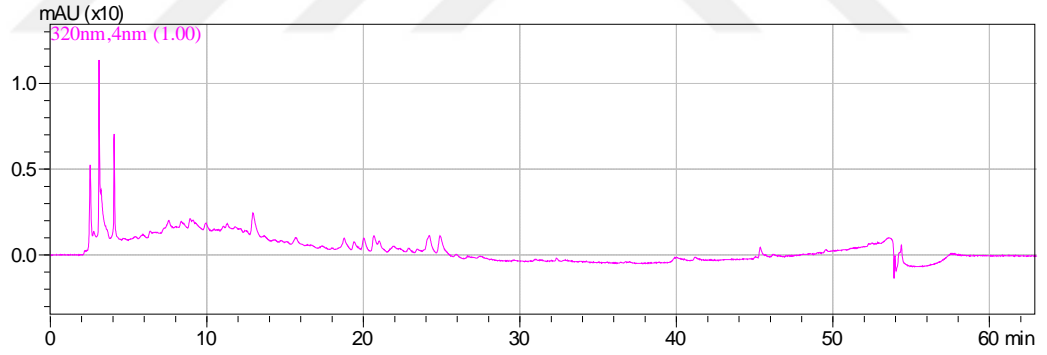
Şekil A. 7. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin 278 nm'deki kromatogramı



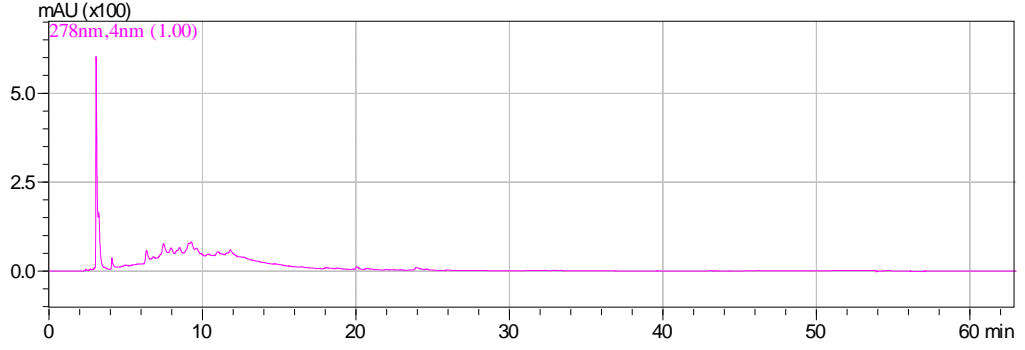
Şekil A. 8. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin *in vitro* sindirim sonrası 278 nm'deki kromatogramı



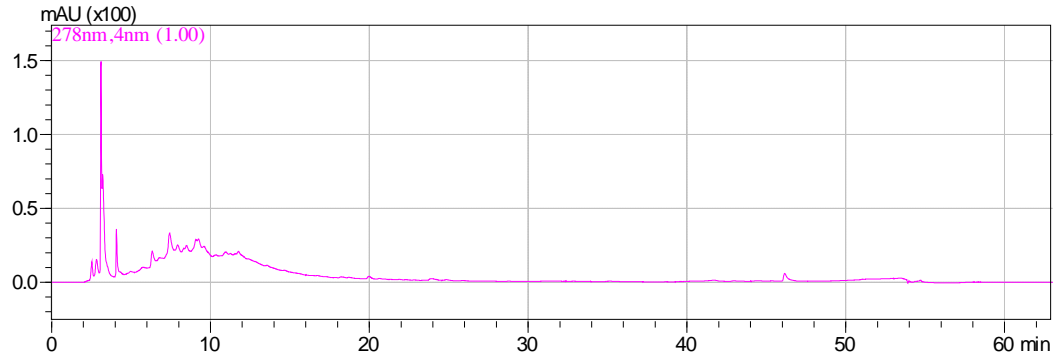
Şekil A. 9. %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin 278 nm'deki kromatogramı



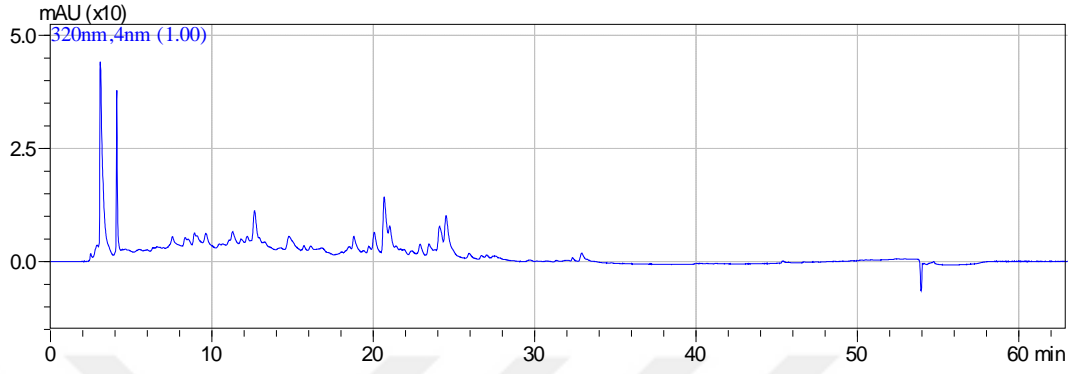
Şekil A. 10. %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin *in vitro* sindirim sonrası 278 nm'deki kromatogramı



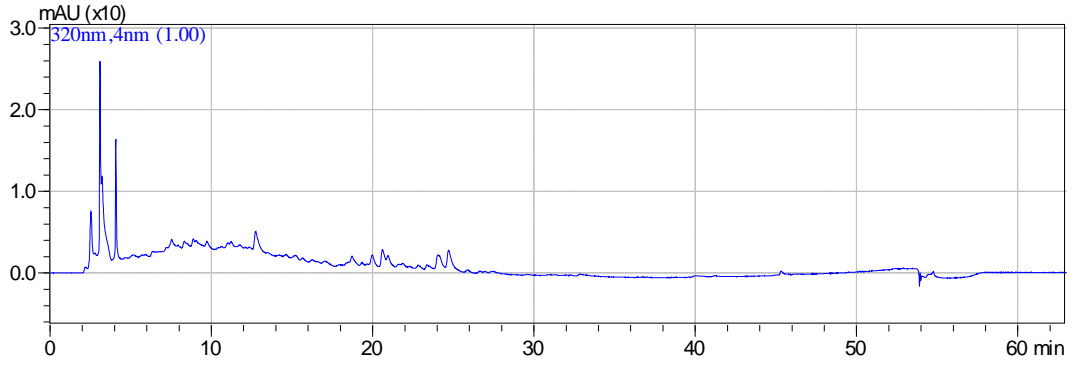
Şekil A. 11. %5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin 278 nm'deki kromatogramı



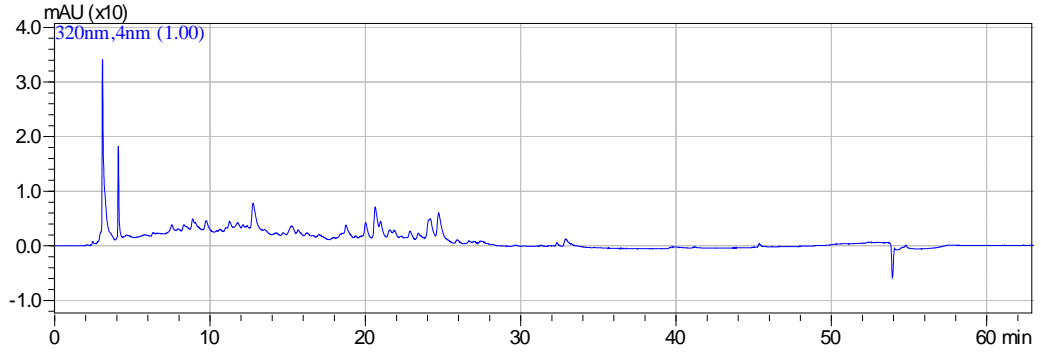
Şekil A. 12. %5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin *in vitro* sindirim sonrası 278 nm'deki kromatogramı



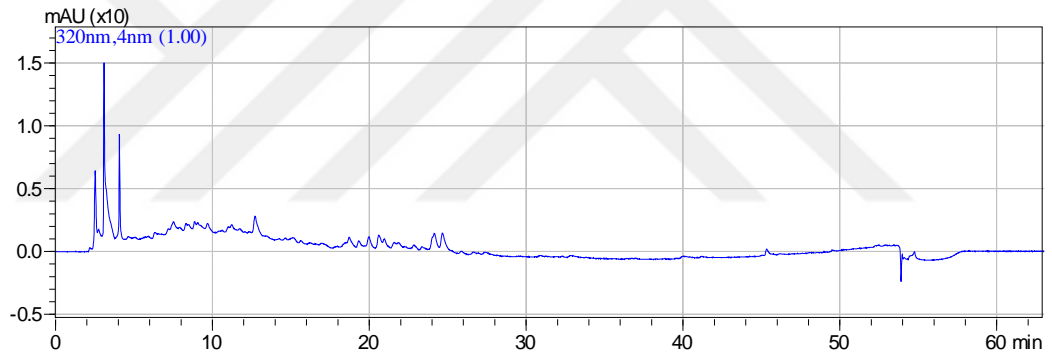
Şekil A. 13. Meyve kontrol örneğinin 320 nm'deki kromatogramı



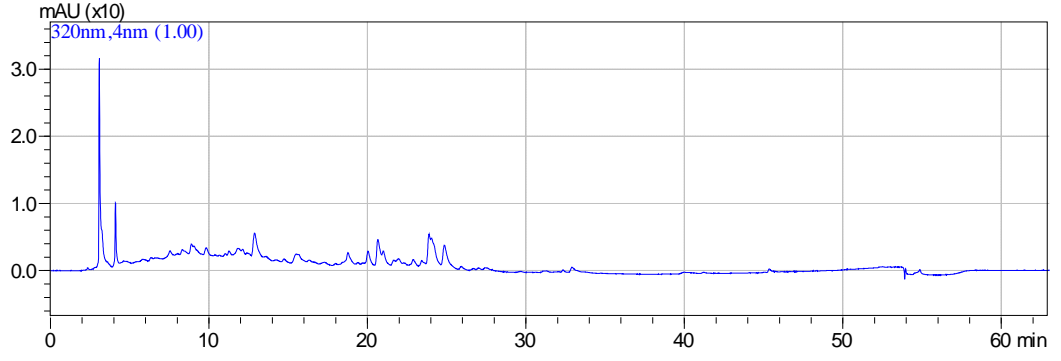
Şekil A. 14. Meyve kontrol örneğinin *in vitro* sindirim sonrası 320 nm'deki kromatogramı



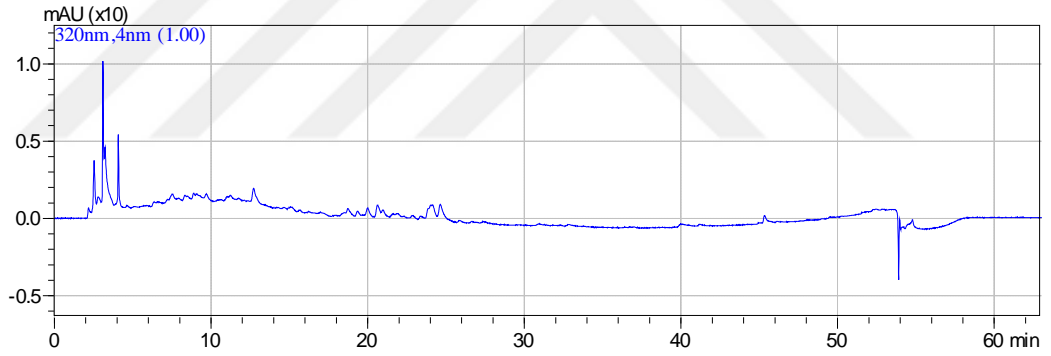
Şekil A. 15. Meyve püresi örneğinin 320 nm'deki kromatogramı



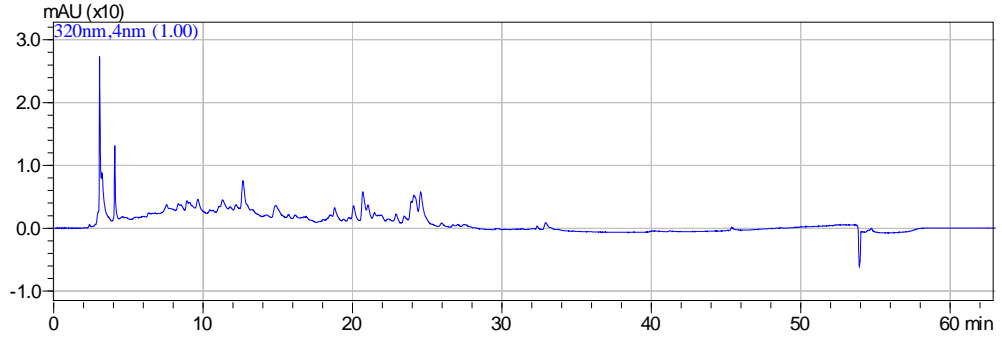
Şekil A. 16. Meyve püresi örneğinin *in vitro* sindirim sonrası 320 nm'deki kromatogramı



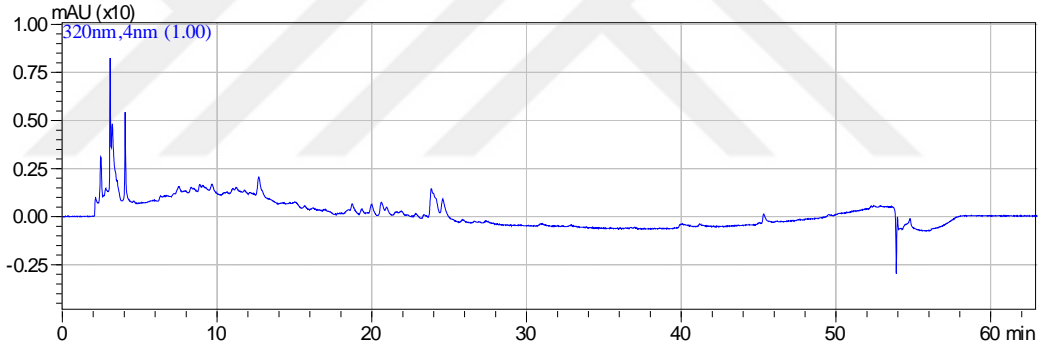
Şekil A. 17. %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin 320 nm'deki kromatogramı



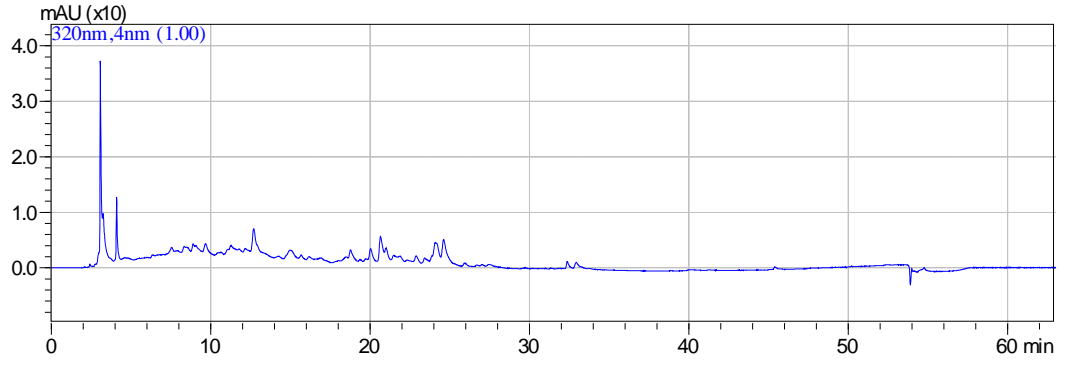
Şekil A. 18. %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin *in vitro* sindirim sonrası 320 nm'deki kromatogramı



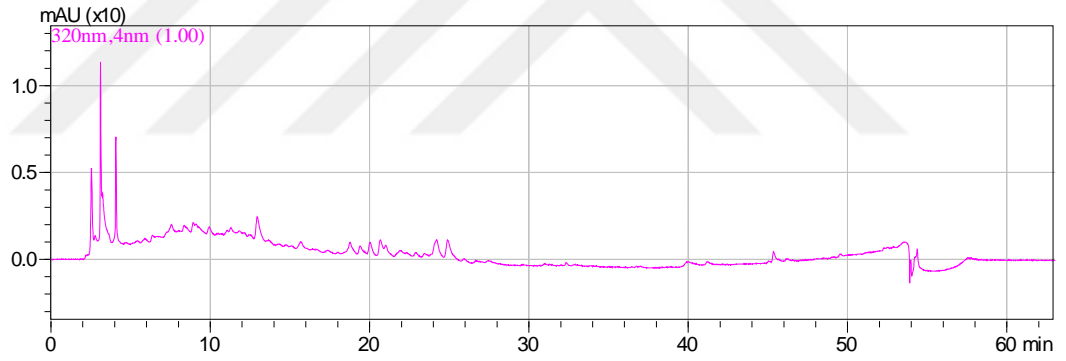
Şekil A. 19. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin 320 nm'deki kromatogramı



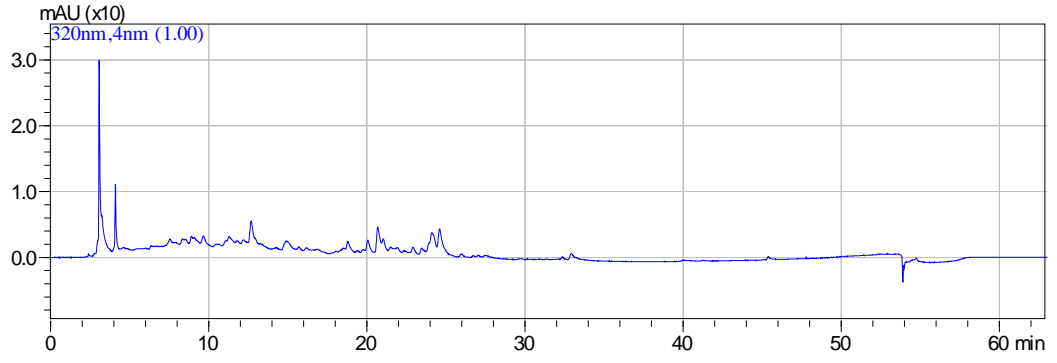
Şekil A. 20. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin *in vitro* sindirim sonrası 320 nm'deki kromatogramı



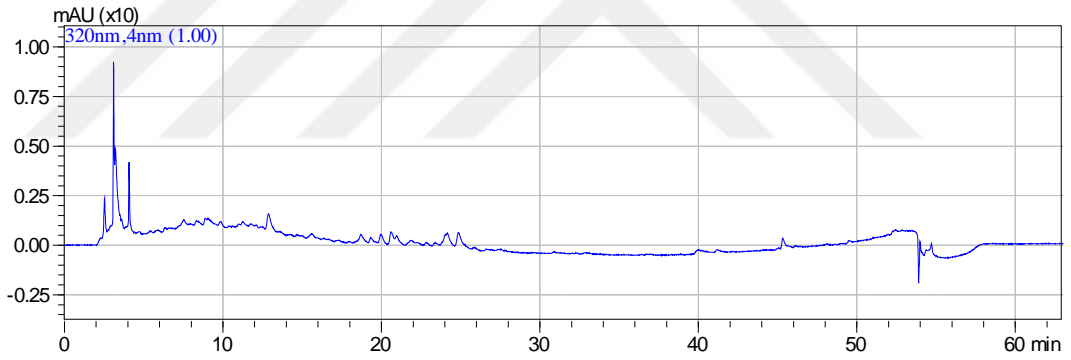
Şekil A. 21. %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin 320 nm'deki kromatogramı



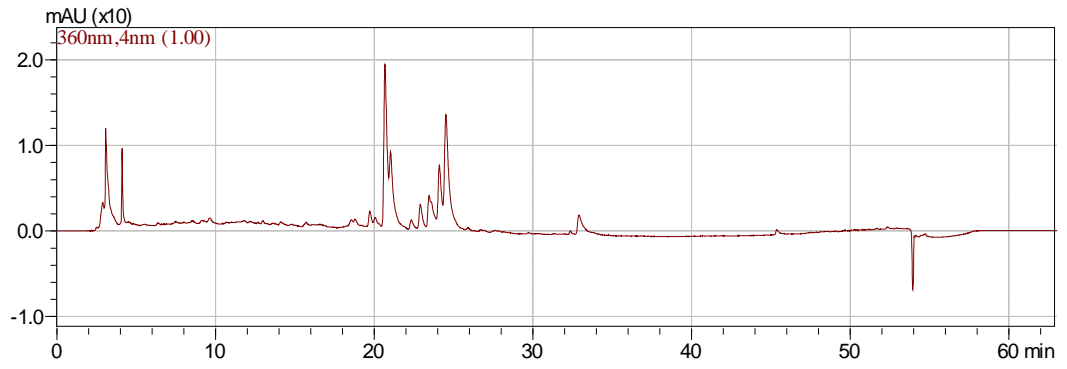
Şekil A. 22. %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin *in vitro* sindirim sonrası 320 nm'deki kromatogramı



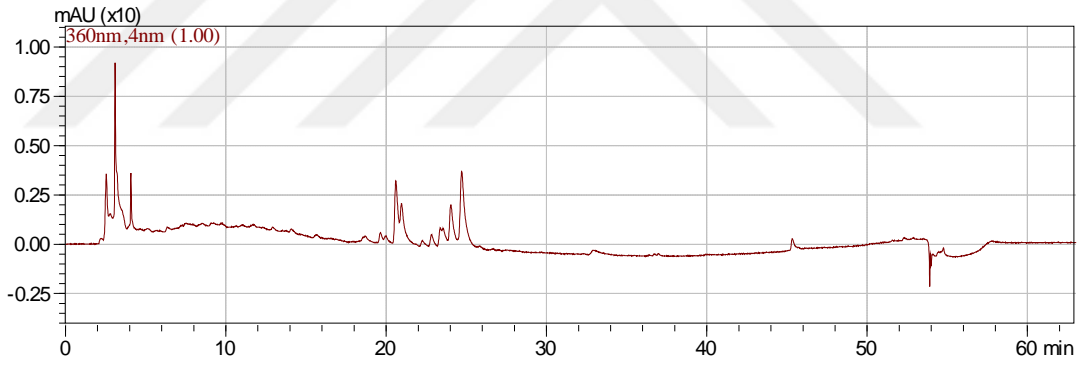
Şekil A. 23. %5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin 320 nm'deki kromatogramı



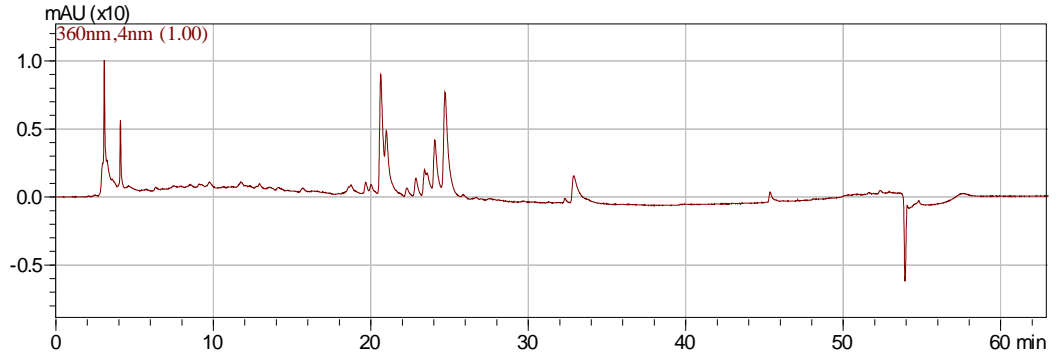
Şekil A. 24. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin *in vitro* sindirim sonrası 320 nm'deki kromatogramı



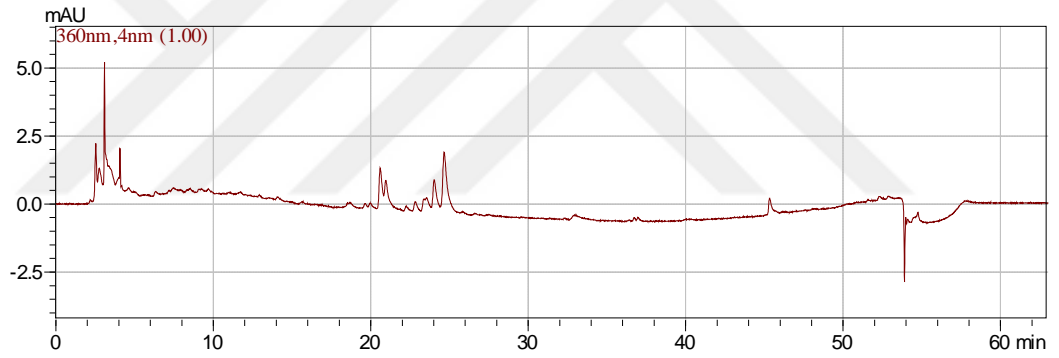
Şekil A. 25. Meyve kontrol örneğinin 360 nm'deki kromatogramı



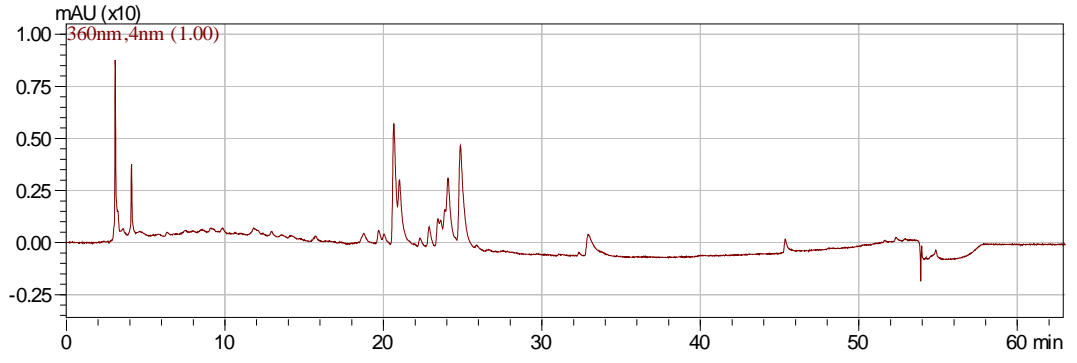
Şekil A. 26. Meyve kontrol örneğinin *in vitro* sindirim sonrası 360 nm'deki kromatogramı



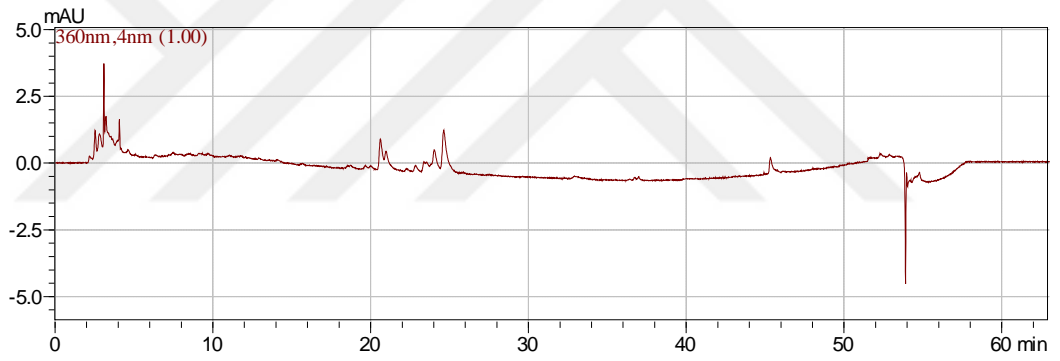
Şekil A. 27. Meyve püresi örneğinin 360 nm'deki kromatogramı



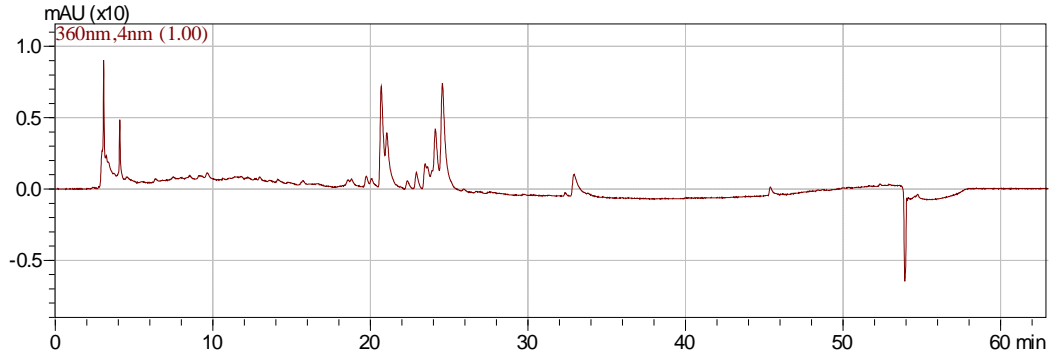
Şekil A. 28. Meyve kontrol örneğinin *in vitro* sindirim sonrası 360 nm'deki kromatogramı



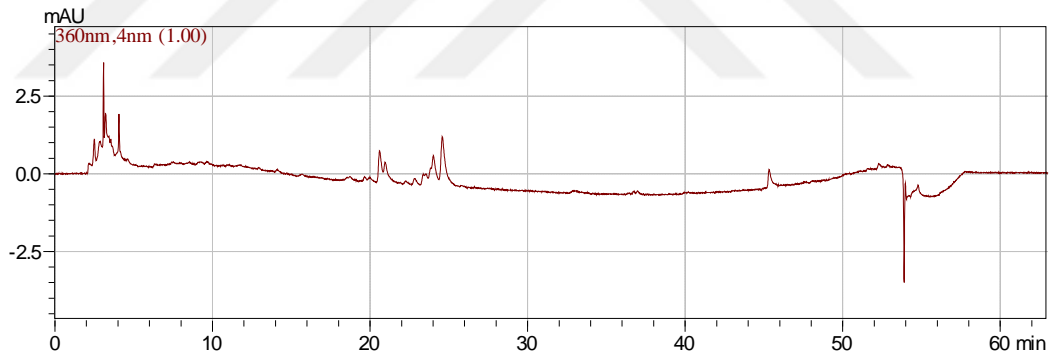
Şekil A. 29. %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin 360 nm'deki kromatogramı



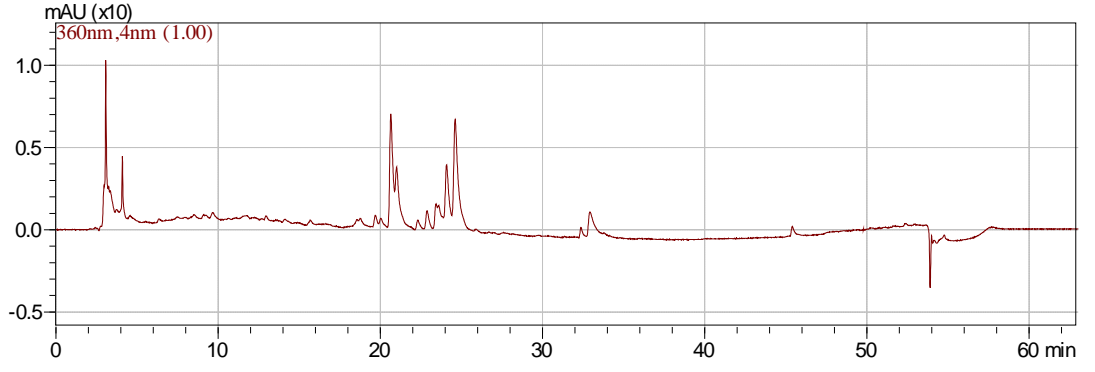
Şekil A. 30. %2.5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin *in vitro* sindirim sonrası 360 nm'deki kromatogramı



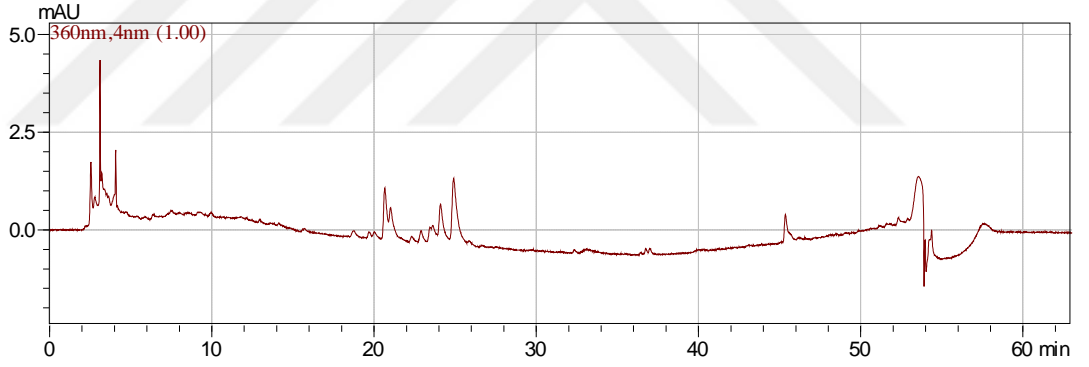
Şekil A. 31. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin 360 nm'deki kromatogramı



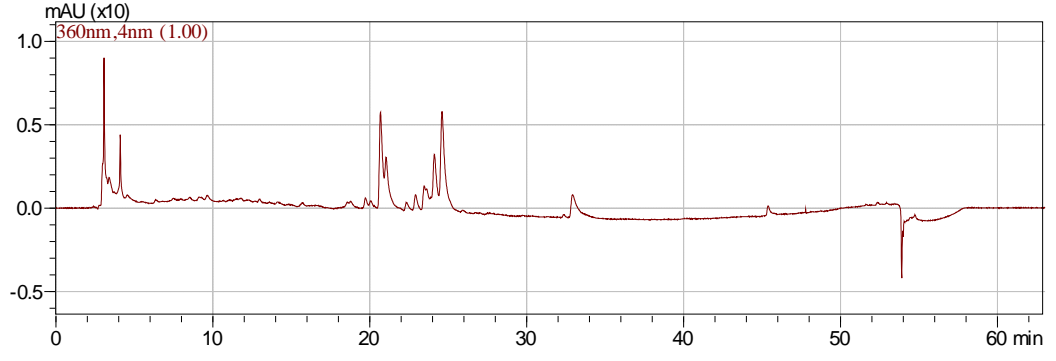
Şekil A. 32. %5 yüksek metoksilli pektin içeren örneğin *in vitro* sindirim sonrası 360 nm'deki kromatogramı



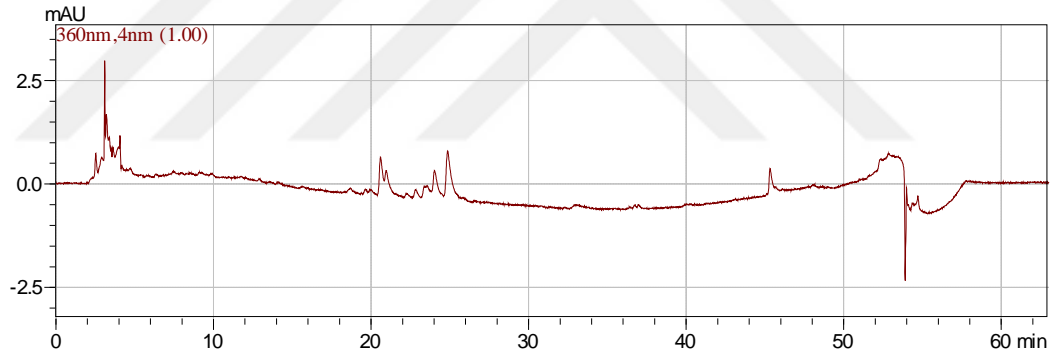
Şekil A. 33. %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin 360 nm'deki kromatogramı



Şekil A. 34. %2.5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin *in vitro* sindirim sonrası 360 nm'deki kromatogramı



Şekil A. 35. %5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin 360 nm'deki kromatogramı



Şekil A. 36. %5 düşük metoksilli pektin içeren örneğin *in vitro* sindirim sonrası 360 nm'deki kromatogramı

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kevser KANDEMİR

Yabancı Dili : İngilizce (C1)

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Gıda Mühendisliği (İngilizce)	İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi	2020
Lise	Sayısal	Eyüp Anadolu İmam Hatip Lisesi	2015

YAYINLAR

1. Kandemir, K., Tomas, M., McClements, D. J., & Capanoglu, E. (2022). Recent advances on the improvement of quercetin bioavailability. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 192-200.
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*.

BİLDİRİ

1. Kandemir, K., Tomas, M., (2022). Kuşburnu meyvesinin fonksiyonel özellikleri. *12. Gıda Mühendisliği Öğrenci Kongresi*, Bursa, Türkiye

ÖDÜLLER VE BURSLAR

1. Akademik başarı bursu (%100) – Lisans bölüm birinciliği
2. Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi – Fakülte ikinciliği

İŞ DENEYİMİ

1. Sales Specialist – Gimias Ship Supply & Services (2022-...)