

**EŞME ÇEŞİDİ AYVA (*Cydonia oblonga* Miller) YAPRAĞI,  
KABUĞU, ÇEKİRDEĞİ, MEYVE POSASI VE SUYUNUN  
ANTİOKSİDAN VE ANTİMİKROBİYAL  
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Seda ALTUNTAŞ**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EŞME ÇEŞİDİ AYVA (*Cydonia oblonga* Miller) YAPRAĞI, KABUĞU,  
ÇEKİRDEĞİ, MEYVE POSASI VE SUYUNUN ANTİOKSİDAN VE  
ANTİMİKROBİYAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Seda ALTUNTAŞ  
0000-0003-1126-6405

Prof. Dr. Mihriban KORUKLUOĞLU  
(Danışman)

DOKTORA TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023  
Her Hakkı Saklıdır

## TEZ ONAYI

Seda ALTUNTAŞ tarafından hazırlanan “EŞME ÇEŞİDİ AYVA (*Cydonia oblonga* Miller) YAPRAĞI, KABUĞU, ÇEKİRDEĞİ, MEYVE POSASI VE SUYUNUN ANTİOKSİDAN VE ANTİMİKROBİYAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Prof. Dr. Mihriban KORUKLUOĞLU

<b>Başkan</b>	:	Prof. Dr. Mihriban KORUKLUOĞLU 0000-0003-3043-1904 Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
<b>Üye</b>	:	Prof. Dr. Zerrin ERGİNKAYA 0000-0001-6208-2927 Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
<b>Üye</b>	:	Doç. Dr. Arzu AKPINAR BAYİZİT 0000-0003-1898-1153 Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
<b>Üye</b>	:	Doç. Dr. Selin KALKAN 0000-0002-4142-3152 Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
<b>Üye</b>	:	Doç. Dr. Emel ÜNAL TURHAN 0000-0002-0284-574X Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gıda Teknolojisi	İmza

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN**  
**Enstitü Müdürü**

.././.....

**B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

.../.../.....

**Seda ALTUNTAŞ**

## **TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI**

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Prof. Dr. Mihriban KORUKLUOĞLU

Seda ALTUNTAŞ

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum  
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum  
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

## ÖZET

Doktora Tezi

EŞME ÇEŞİDİ AYVA (*Cydonia oblonga* Miller) YAPRAĞI, KABUĞU, ÇEKİRDEĞİ, MEYVE POSASI VE SUYUNUN ANTİOKSİDAN VE ANTİMİKROBİYAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

**Seda ALTUNTAŞ**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Mihriban KORUKLUOĞLU

Bu çalışmada, ayvanın (*Cydonia oblonga* Miller) farklı bölümlerine ait (kabuk, yaprak, posa, su ve çekirdek) fenolik ekstraksiyonlarının toplam fenolik madde (TFM), antioksidan aktivite (AA), fenolik bileşen ve antimikrobiyal aktive analizleri gerçekleştirilmiş, yüksek biyolojik aktivite sergileyen ayva kabuğunun yoğurtlara ilavesinin fizikokimyasal, reolojik, biyolojik ve mikrobiyolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Ekstraksiyon koşulları solvent çeşidi (su, aseton ve metanol), oranı (%0-100) ve ekstraksiyon yöntemi (maserasyon ve ultrason destekli ekstraksiyon) değişkenleri kullanılarak optimize edilmiştir. Ultrason destekli ekstraksiyonun (UDE) ve farklı oranlarda sulu aseton ekstraktlarının ayva bölümleri için (ayva çekirdeği hariç) optimum olduğu bulunmuştur. En yüksek TFM ve AA değerlerinin yaprak > kabuk > su > posa > çekirdek olarak sıralandığı, ayvanın farklı bölümlerinde en çok hidrokisinsamik asitlerin bulunduğu, ayva çekirdeğinin fenolik bileşence fakir olduğu belirlenmiştir. Ayva bölümlerinin *in vitro* sindirimi sonrasında genel olarak TFM ve AA'da düşüş yaşandığı saptanmıştır. Ayva kabuğunun Gram-negatif bakterilere, ayva yaprağının ise Gram-pozitif bakterilere daha etkili olduğu bulunmuştur. *In vitro* sindirim sonrası ayva bölümlerinin bazı mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkisinin arttığı bazılarında ise azaldığı tespit edilmiştir. Yüksek biyolojik aktiviteye sahip ayva kabuğunun gıda matrisinde denenmesi amaçlanmıştır; %1, %2 ve %3 oranında ayva kabuğu ve *Lactobacillus acidophilus* LA-5 ilaveli probiyotik yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. Ayva kabuğunun *L. acidophilus* LA-5 canlılığı üzerinde olumlu etkide bulunduğu, tüm probiyotik yoğurtların raf ömrü sonunda en az 6 log kob/g probiyotik bakteri içerdiği tespit edilmiştir. Ayva kabuğu oranı arttıkça yoğurtların biyolojik aktiviteleri artmış ancak bazı yapısal ve mikrobiyolojik kusurlar meydana gelmiş, sinerezis artmış ve tüketici kabul edilebilirliği azalmıştır. Bu sorunların muhtemel çözümü için ayva kabuğunun yoğurtta ekstrakt olarak kullanımı ya da posa ile birlikte kullanımı önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ayva, fenolik bileşikler, ekstraksiyon optimizasyonu, biyolojik aktivite, *in vitro* sindirim, probiyotik yoğurt  
**2023, xvii + 143 sayfa.**

## ABSTRACT

PhD Thesis

DETERMINATION OF ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF EŞME QUINCE (*Cydonia oblonga* Miller) LEAVES, PEELS, SEEDS, PULPS AND JUICE

**Seda ALTUNTAŞ**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Mihriban KORUKLUOĞLU

In this study, total phenolic content (TPC), antioxidant activity (AA), phenolic component and antimicrobial activity analyzes of phenolic extracts from different parts of quince (*Cydonia oblonga* Miller) (peel, leaf, pulp, juice and seed) were performed. The physicochemical, rheological, biological and microbiological properties of the addition of quince peel to yoghurts were evaluated. Extraction conditions were optimized using the parameters of solvent type (water, acetone and methanol), solvent ratio (0-100%) and extraction method (maceration and ultrasound assisted extraction). Ultrasound assisted extraction (UAE) was found to be optimal with different ratios of aqueous acetone extract (excluding quince seeds). It was determined that the highest TPC and AA values were listed as leaf > peel > juice > pulp > seed, hydroxycinnamic acids were found the most in different parts of the quince, and quince seed was lack of phenolic compounds. In general, decreases in TPC and AA after in vitro digestion of quince parts was detected. Quince peel was found to be more effective against Gram-negatives and quince leaf against Gram-positives. After in vitro digestion, it was determined that the antimicrobial effect of quince parts against some microorganisms increased and some decreased. It was aimed to test the quince peel, which has high biological activity, in the food matrix; Probiotic yoghurt with 1%, 2% and 3% quince peel and *Lactobacillus acidophilus* LA-5 added was produced. It has been determined that quince peel has a positive effect on *L. acidophilus* LA-5 viability, and all probiotic yogurts contain > 6 log cfu/g probiotic bacteria at the end of shelf life. As the quince peel ratio increased, the biological activities of yoghurts increased, but some structural and microbiological defects occurred, syneresis increased and consumer acceptability decreased. For the possible solution of these problems, it is recommended to use quince peel as an extract in yoghurt or use it together with pulp.

**Key words:** Quince, phenolic compounds, extraction optimization, biological activity, *in vitro* digestion, probiotic yoghurt

**2023, xvii + 143 pages.**

## ÖNSÖZ ve/veya TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın planlanmasında ve yürütülmesinde emeği geçen, akademik ve özel hayatımda ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mihriban KORUKLUOĞLU'na (Bursa Uludağ Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü),

Bilgi, tecrübe ve fikirlerini benimle paylaşarak, çalışmalarımnda önemli katkılarda bulunan tez izleme komitesi üyeleri hocalarım Sayın Prof. Dr. Sezai TÜRKEL (Bursa Uludağ Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü), Sayın Prof. Dr. Zerrin ERGİNKAYA ve Sayın Doç. Dr. Arzu AKPINAR BAYİZİT'a (Bursa Uludağ Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü)'

Tezim boyunca laboratuvar imkanlarını kullanmama izin veren Sayın Prof. Dr. Mete YILMAZ'a (Bursa Teknik Üniversitesi, Biyomühendislik Bölümü)

Fikirlerini her zaman önemseydiğim, ne olursa olsun her zaman yanımda olan, sonsuz sevgisi, desteği ve sabrı ile benimle bu hayatı paylaşan canım eşime

Gülüşü, anne deyişi ve güzel gözleriyle kalbimi ısıtan, varlığına sonsuz şükrettiğim biricik kızım Ela'ya

Seda ALTUNTAŞ  
.../.../.....



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ÖNSÖZ ve/veya TEŞEKKÜR.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Ayva.....	5
2.2. Dünyada ve Türkiye’de Ayva Üretimi.....	6
2.3. Fenolik Bileşikler.....	7
2.3.1. Fenolik Asitler.....	9
2.3.2. Flavonoidler.....	10
2.3.3. Lignanlar.....	11
2.3.4. Stilbenler.....	11
2.4. Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu.....	11
2.5. Fenolik Bileşiklerin Antioksidan Aktive ile İlişkisi.....	17
2.6. Fenolik Bileşiklerin Antimikrobiyal Aktive ile İlişkisi.....	19
2.7. Ayvada Bulunan Fenolik Bileşikler.....	21
2.8. Ayvanın İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ve Kullanım Alanları.....	23
2.9. Fenolik Bileşiklerin Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlanımı.....	26
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	28
3.1. Materyal.....	28
3.1.1. Meyvenin temini.....	28
3.1.2. Standartlar ve çözeltiler.....	28
3.1.3. Mikroorganizmalar.....	29
3.2. Yöntem.....	29
3.2.1. Meyveye uygulanan ön işlemler.....	29
3.2.2. Deneme deseni.....	30
3.2.3. Ekstraksiyon.....	30
3.2.4. Toplam fenolik madde (TFM) miktarı.....	31
3.2.5. Ekstraktların HPLC ile fenolik bileşen analizi.....	32
3.2.6. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi.....	32
3.2.6.1. DPPH yöntemi.....	32
3.2.6.2. ABTS yöntemi.....	33
3.2.6.3. FRAP yöntemi.....	33
3.2.7. Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi.....	34
3.2.7.1. İnokulum ve stok çözeltilerin hazırlanması.....	34
3.2.7.2. Sıvı mikrodilüsyon yöntemi.....	35
3.2.7.3. Agar kuyucuk difüzyon yöntemi.....	35
3.2.8. <i>In vitro</i> gastrik simülasyon.....	35
3.2.8.1. Toplam fenolik madde miktarı.....	36
3.2.8.2. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi.....	36
3.2.8.3. Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi.....	37
3.2.9. Ayva kabuğu katkıli probiyotik yoğurt üretimi.....	38
3.2.10. Yoğurtlarda yapılan analizler.....	40

3.2.10.1. İnkübasyon takibi.....	40
3.2.10.2. Kuru madde analizi .....	40
3.2.10.3. Kül analizi .....	42
3.2.10.4. Protein tayini .....	42
3.2.10.5. Yağ tayini .....	43
3.2.10.6. Duyusal analiz.....	43
3.2.10.7. Depolama analizleri .....	44
3.2.10.7.1. pH.....	44
3.2.10.7.2. Asitlik (% Laktik asit cinsinden).....	44
3.2.10.7.3. Sinerezis .....	45
3.2.10.7.4. Renk .....	46
3.2.10.7.5. Tekstür .....	46
3.2.10.7.6. Reolojik ölçümler.....	46
3.2.10.7.7. Toplam fenolik madde (TFM) miktarı.....	47
3.2.10.7.8. Antioksidan aktivite .....	47
3.2.10.7.9. Mikrobiyolojik analizler.....	47
3.2.11. İstatistiksel analiz .....	48
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	49
4.1. Ekstraksiyon Koşullarının Toplam Fenolik Madde (TFM) Miktarı Üzerine Etkisi	49
4.2. Optimum Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Ekstraktların Antioksidan Aktivite (AA) ve Toplam Fenolik Madde (TFM) Miktarı .....	51
4.3 Ekstraktların Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi ile Fenolik Bileşen Analizi .....	56
4.4 <i>In vitro</i> Sindirim Simülasyonunun Fenolik İçerik ve Antioksidan Aktivite Üzerindeki Etkisi.....	61
4.5. Ayva Bölümlerinin Optimum Koşullarda Elde Edilen Ekstraktlarının Antimikrobiyal Aktivitesi.....	68
4.6. Ayva Bölümlerinin <i>in vitro</i> Sindirim Simülasyonu Sonrası Antimikrobiyal Aktivitesi.....	79
4.7. Ayva Kabuğu ile Zenginleştirilmiş Yoğurtların Analiz Sonuçları .....	81
4.7.1. İnkübasyon boyunca asitlik gelişimi.....	82
4.7.2 Yoğurtların fizikokimyasal analizleri .....	83
4.7.3. Duyusal değerlendirme .....	86
4.7.4. Depolama analizleri .....	88
4.7.4.1. Yoğurtlarda post-asidifikasyon .....	88
4.7.4.2. Sinerezis .....	89
4.7.4.3. Yoğurtların renk özellikleri.....	92
4.7.4.4. Yoğurtların reolojik ve tekstür özellikleri.....	96
4.7.4.5. Yoğurtların biyoaktivite özellikleri.....	106
4.7.4.6. Yoğurtların mikrobiyolojik özellikleri.....	110
5. SONUÇ.....	114
ÖZGEÇMİŞ .....	141

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

Simgeler	Açıklama
a*	kırmızılık veya yeşilliği ifade eden renk değeri
b*	sarıklık veya maviliği ifade eden renk değeri
L*	Açıklık veya koyuluğu ifade eden renk değeri
$\alpha$	Alfa
C	Kroma
°C	Santigrat derece
h°	Hue angle (ton açısı)
G'	Depolama modülü
G''	Kayıp modülü
%	Yüzde
a/h	Ağırlık/hacim
K	Kıvam indeksi
$\mu$	Mikro
>	Büyüktür
<	Küçüktür
$\geq$	Büyüktür ya da eşit
®	Tescilli marka
$\pm$	Artı eksi
g	Santrifüj kuvveti
$\tau$	Kayma gerilimi
$\tau_0$	Akma gerilimi
$\gamma$	Kayma hızı
n	Akış davranış indeksi
p	Probability (olasılık)

### Kısaltmalar

Kısaltmalar	Açıklama
AA	Antioksidan aktivite
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ABTS	2,20-azino-bis 3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit
AK	Ayva kabuğu
ANOVA	Aalysis of variance (varyans analizi)
ATCC	American Type Culture Collection (Amerikan Tıp Kültür Koleksiyonu)
ATP	Adenozin trifosfat
CLSI	The Clinical and Laboratory Standards Institute (Klinik ve laboratuvar standartları enstitüsü)
cm	Santimetre
CO <sub>2</sub>	Karbon dioksit
COOH	Karboksil
CQA	Kafeoilkinik asit
DAD	Diode array dedector (diyot dizisi dedektörü)
DNA	Deoksiribonükleik asit

DPPH	1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl
DSM	Deutsche Sammlung von Mikroorganismen (Alman Mikroorganizmalar Koleksiyonu)
EPS	Ekzopolisakkarit
FeCl <sub>3</sub>	Demir 3 klorür
FRAP	Ferric ion reducing antioxidant parameter (demir iyonu indirgeyici antioksidan güç)
GAE	Gallik asit eşleniği
GHz	Giga Hertz
g	gram
ha	Hektar alan
HCl	Hidroklorik asit
HC1	4-O-kumaroilkinik asit
HPLC	Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik Asit
IL	İnterlökin
kDa	Kilodalton
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Monopotasyum fosfat
kHz	Kilo hertz
kg	Kilogram
K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Potasyum persülfat
kob	Koloni oluşturan birim
L	Litre
LC	Sıvı kromatografisi
LDL	Low density lipoprotein (Düşük yoğunluklu lipoprotein)
Log	Logaritmik
m	metre
M	Molar
mbar	Milibar
MBK	Minimum bakterisidal konsantrasyon
ME	Maserasyon
MEB	Malt extract broth
MFK	Minimum fungisidal konsantrasyon
mg	Miligram
MHB	Mueller Hinton Broth
MHz	Mega hertz
MİK	Minimum inhibisyon konsantrasyon
mL	Mililitre
mM	Milimolar
mm	Milimetre
mmol	Milimol
MRS	Man Ragosa Sharp
N	Normalite
N	Newton
NaCl	Sodyum klorür
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sodyum karbonat
NaHCO <sub>3</sub>	Sodyum bikarbonat
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Disodyum fosfat

NaOH	Sodyum hidroksit
NCTC	National collection of type cultures (ulusal tip kültür koleksiyonu)
nm	Nanometre
Pa	Pascal
pH	Power of hydrogen (hidrojen gücü)
PY	Probiyotik yoğurt
ppm	parts per million (milyonda bir)
Q-Ga	Kuersetin-3-galaktozid
Q-Ru	Kuersetin-3-rutinoside
rpm	Revolutions per minute (devir/dakika)
s	Saniye
TE	Trolöks eşleniği
TFM	Toplam fenolik madde
TNF	Tümör nekroz faktörü
TPTZ	2,4,6-tri(2-piridinil)-1,3,5-triazin
UDE	Ultrason destekli ekstraksiyon
UHT	Ultra high temperature (ultra yüksek sıcaklık)
UV	Ultraviyole
VRB-L	Violet Red Bile-Lactose
Y	Yoğurt

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1.	Temmuz ayında ayva (sağ) ve Ekim ayında ayva (sol).....	6
Şekil 2.2.	Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması.....	8
Şekil 2.3.	a) benzoik asit, b) sinamik asit ve c) flavonoidin temel yapıları.....	18
Şekil 3.1.	Ayva yaprağının kurutulması.....	29
Şekil 3.2.	Ayva bölümlerinin liyofilizasyonu.....	30
Şekil 3.3.	<i>In vitro</i> gastrik simülasyonu.....	37
Şekil 3.4.	Ayva bölümlerinin <i>in vitro</i> sindirim simülasyonu.....	38
Şekil 3.5.	Diyalize olmayan fraksiyonun liyofilizasyonu ve 96 kuyucuklu plakada antimikrobiyal analizleri.....	38
Şekil 3.6.	Ayva kabuğunun UV sterilizasyonu.....	40
Şekil 3.7.	Yoğurt üretim akış şeması.....	41
Şekil 3.8.	Kontrol grubu ile birlikte ayva kabuğu katkılı probiyotik kültür içeren ve içermeyen yoğurtlar.....	41
Şekil 3.9.	Duyusal değerlendirme formu.....	45
Şekil 4.1.	Ayva bölümlerinin farklı ekstraksiyon yöntemi (ultrason destekli (UDE), maserasyon (ME)) ve farklı çözgen oranlarında (%0-100) elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde (TFM) miktarı (mg Gallik Asit Eşleniği (GAE)/100 g kuru meyve ağırlığı).....	50
Şekil 4.2.	Ayva posasının aseton ekstraktının 320 nm (A) ve 360 nm (B)'de kaydedilen HPLC kromatogramları.....	58
Şekil 4.3.	Ayva kabuğunun aseton ekstraktının 320 nm (A) ve 360 nm (B)'de kaydedilen HPLC kromatogramları.....	58
Şekil 4.4.	Ayva çekirdeğinin metanol ekstraktının 320 nm (A) ve 350 nm (B)'de kaydedilen HPLC kromatogramları.....	59
Şekil 4.5.	Ayva yaprağının aseton ekstraktının 320 nm (A) ve 360 nm (B)'de kaydedilen HPLC kromatogramları.....	59
Şekil 4.6.	Ayva suyunun aseton ekstraktının 320 nm (A) ve 360 nm (B)'de kaydedilen HPLC kromatogramları.....	60
Şekil 4.7.	Ayva posasının her bir <i>in vitro</i> sindirim simülasyon adımındaki TFM miktarı ve antioksidan aktivite değişimi.....	63
Şekil 4.8.	Ayva kabuğunun her bir <i>in vitro</i> sindirim simülasyon adımındaki TFM miktarı ve antioksidan aktivite değişimi.....	64
Şekil 4.9.	Ayva çekirdeğinin her bir <i>in vitro</i> sindirim simülasyon adımındaki TFM miktarı ve antioksidan aktivite değişimi.....	64
Şekil 4.10.	Ayva yaprağının her bir <i>in vitro</i> sindirim simülasyon adımındaki TFM miktarı ve antioksidan aktivite değişimi.....	65
Şekil 4.11.	Ayva suyunun her bir <i>in vitro</i> sindirim simülasyon adımındaki TFM miktarı ve antioksidan aktivite değişimi.....	66
Şekil 4.12.	Yoğurtların duyusal analiz sonuçları.....	87
Şekil 4.13.	Yoğurtların depolamanın a) 1.gün b) 14.gün ve c) 28. günündeki kayma hızına (1/s) karşılık kayma gerilimi (Pa) değerleri.....	97
Şekil 4.14.	Yoğurtların depolamanın 1. günündeki frekansa (Hz) karşılık depolama modülü (G', Pa) ve kayıp modülü (G'', Pa) değerleri a) Probiyotik ilavesiz yoğurtlar b) Probiyotik ilaveli yoğurtlar.....	100

Şekil 4.15.	Yoğurtların depolamanın 14. günündeki frekansa (Hz) karşılık depolama modülü ( $G'$ , Pa) ve kayıp modülü ( $G''$ , Pa) değerleri a) Probiyotik ilavesiz yoğurtlar b) Probiyotik ilaveli yoğurtlar.....	101
Şekil 4.16.	Yoğurtların depolamanın 28. günündeki frekansa (Hz) karşılık depolama modülü ( $G'$ , Pa) ve kayıp modülü ( $G''$ , Pa) değerleri a) Probiyotik ilavesiz yoğurtlar b) Probiyotik ilaveli yoğurtlar.....	102
Şekil 4.17.	Yoğurtların depolama boyunca toplam fenolik madde (TFM) miktarı (mg GAE/100 g).....	107
Şekil 4.18.	Yoğurtların depolama boyunca antioksidan aktivite sonuçları a) DPPH ( $\mu\text{mol TE/g}$ ), b) ABTS ( $\mu\text{mol TE/g}$ ), c) FRAP ( $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ )	109

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Design Expert programı deneme deseni.....	31
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan antimikrobiyal aktivite analiz yöntemleri için deneysel koşullar.....	34
Çizelge 3.3. Yoğurt üretiminde kullanılan pastörize sütün kompozisyon değerleri.....	39
Çizelge 3.4. Ayva kabuğu tozunun mikrobiyolojik ve renk analiz sonuçları..	39
Çizelge 3.5. Üretilen yoğurtların içerikleri.....	42
Çizelge 4.1. Design Expert Programı kullanılarak elde edilen optimum ekstraksiyon koşulları.....	51
Çizelge 4.2. Optimum ekstraksiyon koşullarında elde edilen ekstraktların kuru madde, toplam fenolik madde (TFM) miktarı ve AA değerleri...	54
Çizelge 4.3. Optimum ekstraksiyon koşullarında elde edilen ekstraktların fenolik bileşen analiz sonuçları.....	57
Çizelge 4.4. Ayva bölümü ekstraktlarının minimum inhibe edici (MİK), bakterisidal veya fungisidal (MBK/MFK) konsantrasyonları ve zon çapı ölçümleri.....	70
Çizelge 4.5. Farklı dozlardaki ayva yaprağı ekstraktının <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus brasiliensis</i> ATCC 16404, <i>Penicillium roqueforti</i> gelişimi üzerine inhibisyon oranları.....	73
Çizelge 4.6. Farklı dozlardaki ayva kabuğu ekstraktının <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus brasiliensis</i> ATCC 16404, <i>Penicillium roqueforti</i> gelişimi üzerine inhibisyon oranları.....	75
Çizelge 4.7. Farklı dozlardaki ayva suyu ekstraktının <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus brasiliensis</i> ATCC 16404, <i>Penicillium roqueforti</i> gelişimi üzerine inhibisyon oranları.....	76
Çizelge 4.8. Farklı dozlardaki ayva posası ekstraktının <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus brasiliensis</i> ATCC 16404, <i>Penicillium roqueforti</i> gelişimi üzerine inhibisyon oranları.....	77
Çizelge 4.9. Ayva bölümlerinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası (diyalize olmayan fraksiyon) minimum inhibe edici (MİK) ve bakterisidal veya fungisidal (MBK/MFK) konsantrasyonları.....	80
Çizelge 4.10. Yoğurtların inkübasyon sürecindeki pH değişimleri.....	85
Çizelge 4.11. Yoğurtların depolama başlangıcında kuru madde, yağ, protein ve kül değerleri.....	85
Çizelge 4.12. Yoğurtların depolama boyunca pH ve titre edilebilir asitlik (% laktik asit cinsinden) sonuçları.....	91
Çizelge 4.13. Yoğurtların depolama boyunca sinerezis (%) sonuçları.....	91
Çizelge 4.14. Yoğurtların depolama boyunca renk değerleri.....	94
Çizelge 4.15. Yoğurtların depolama boyunca Herschel-Bulkley modeli ile elde edilen katsayı değerleri.....	103



Çizelge 4.16.	Yoğurtların depolama boyunca tekstür parametreleri.....	105
Çizelge 4.17.	Yoğurtların mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	112

## 1. GİRİŞ

Akdeniz diyetinin önemli parçasını oluşturan meyve ve sebzeler, vitamin ve lif kaynağı bakımından zengindir. Meyve ve sebze tüketimi, kanser, kardiyovasküler ve serebrovasküler hastalıklar dahil olmak üzere bir çok hastalığın oluşma riskini azaltmaktadır. Bu etki meyve ve sebzelerde bulunan C ve E vitaminleri, karotenoidler, fenolik asitler, flavanoidler gibi antioksidanların varlığı ile ilişkilendirilmektedir (Haminiuk, Maciel, Plata-Oveido ve Peralta, 2012; Khoddami, Wikes ve Roberts, 2013; Wojdyło, Teleszko ve Oszmianski, 2014a). Dengeli ve besleyici bir diyet, genel sağlığı iyileştirmede ve çeşitli hastalıkları önlemede çok önemli bir rol oynamaktadır. Sağlık risklerinin önlenmesi ya da faydalarının beslenmeyle ilişkisini destekleyen çalışmaların artışı, günümüzde tüketicileri biyoaktif bileşence zengin ürünlerin tüketimine yöneltmiştir.

Fonksiyonel gıda terimi ilk olarak, 1984 yılında Japonya'da kullanılmıştır. Japon hükümeti, Sağlık İçin Özel Kullanım Amaçlı Gıda (FOSHU) adlı yeni bir ürün kategorisini, "sağlığa yönelik işlevleri olan ve insan sağlığı üzerinde fizyolojik etkilerinin olduğu resmi olarak onaylanmış bir bileşen içeren gıda" olarak tanımlamıştır. Japonya'yı, 90'larda ilk sağlık iddia yasasını geliştiren, ancak fonksiyonel gıdanın resmi bir tanımını ortaya koymayan Amerika Birleşik Devletleri (ABD) izlemiştir. Avrupa ülkelerinde, fonksiyonel gıda kavramının atılmasından 10 yılı aşkın bir süre sonra, Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından beslenme ve sağlık beyanlarına ilişkin bir yönetmelik yayınlamış ancak burada da resmi bir tanımdan bahsedilmemiştir. Fonksiyonel gıdalar, vitamin ve minerallerle zenginleştirilmiş gıdalar, probiyotikler, prebiyotikler, omega-3 yağ asitleri, bitki steroller ve fitokimyasallar gibi biyoaktif bileşikler içeren gıdalardır. Bu pazar, süt ürünleri, unlu mamuller, içecekler, tahıllar ve atıştırmalıklar gibi çok çeşitli gıda endüstrisinde kullanım alanı bulmuştur. Küresel fonksiyonel gıda pazarının yıllık yaklaşık %8 büyüme oranı ile 2025 yılına kadar 280 milyar ABD dolarına ulaşacağı öngörülmüştür (Alongi ve Anese, 2021). Pazar hacmi, artan tüketici talebi, yeni ürünlerin geliştirilmesi ve genişleyen dağıtım kanalları gibi faktörlerin etkisiyle yıllar içinde istikrarlı bir şekilde artmış ve artmaya devam etmektedir. Tüketici talebindeki artışta, hazır gıdaların yüksek miktarda tüketimi, yetersiz egzersiz ve

hızlı yaşam tarzı etkili olmuştur (Topolska, Florkiewicz ve Filipiak-Florkiewicz, 2021). Özellikle COVID-19 salgını sonrası tüketiciler bağışıklığı güçlendirici, vitaminler, antioksidanlar ve bitki ekstraktları ile zenginleştirilmiş gıdaları tüketmeye daha çok eğilim göstermişlerdir (Butler ve Barrientos, 2020; Mentella, Scaldaferrri, Gasbarrini ve Miggiano, 2021).

Bir fenol halkası, bir veya daha fazla hidroksil grubu içeren kimyasal yapıları ile karakterize edilen fenolik bileşikler, insan sağlığı üzerinde sağladıkları pozitif etki nedeniyle, 90'lı yıllardan beri önemli ve popüler bir araştırma konusu haline gelmiştir. Fenolik bileşikler, çeşitli bitkisel kaynaklı gıdalarda bulunan, farklı kimyasal yapılara ve özelliklere sahip çok çeşitli bileşikler içeren fitokimyasallardır (Silva ve diğerleri, 2023). Günümüze kadar 16 farklı sınıfta 8000 adet fenolik bileşik tanımlanmıştır. Güçlü antioksidan özellikleri nedeniyle, bitki fenoliklerinin kanser, kardiyovasküler ve nörodejeneratif hastalıklar gibi çeşitli oksidatif stresle ilişkili kronik hastalıkları önlediği bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Bunun yanı sıra, fenolik bileşiklerin anti-enflamatuvar, antimikrobiyal, anti-proliferatif, anti-karsinojenik, anti-diyabetik özelliklerini ortaya koyan birçok klinik bilimsel çalışma bulunmaktadır (Singh, Pal Singh, Kaur ve Singh, 2020).

Bitki materyallerinden fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu, biyoaktivite ve potansiyel uygulamalarını ortaya koymak için oldukça önemli bir adımdır. Literatürde genel kabul görmüş bir ekstraksiyon prosedürü olmayışı, araştırmacıları farklı ekstraksiyon koşullarını araştırmaya ve yüksek verimde fenolik bileşen elde etmek için yöntemleri geliştirmeye teşvik etmiştir. Özellikle geleneksel ekstraksiyon yöntemlerinin yerini, çevre dostu, daha az çözücü kullanımı ve zaman gerektiren, daha yüksek verim sağlayan, mikrodalga, ultrason, ohmik, yüksek basınç ve vurgulu elektrik alan destekli, süperkritik akışkan gibi ekstraksiyon yöntemleri almıştır. Ultrason destekli ekstraksiyonda bitki matrisinin hücre duvarını bozarak ortama salınmasını sağlayan ve ekstraksiyon verimliliğini arttıran yüksek frekanslı ses dalgaları (ultrason) kullanılmaktadır. Bu yüksek frekanslı ses dalgaları, şok dalgaları üreten kavitasyona neden olmakta ve çözücü ile hedef bileşikler arasındaki temas yüzeyi artmaktadır. Ultrason destekli ekstraksiyonda daha kısa süre ve solvent kullanımının yanı sıra, düşük sıcaklıklarda çalışıldığı için ısı

dayanımı yüksek olmayan biyoaktif bileşiklerin korunması da sağlanmış olur (Nipornram Tochampa, Rattanatraiwong ve Singanusong, 2018; Santos ve Martins, 2023).

Fenolik bileşiklerin ekstraksiyon verimini en üst düzeye çıkarmak için çeşitli faktörlerin dikkate alınması ve optimize edilmesi gerekir. Bu faktörler arasında, ekstraksiyon solventlerinin seçimi, ekstraksiyon süresi ve sıcaklığı, solvent-numune oranı, tekrar ekstraksiyon sayısı ve ekstraksiyon metodu gibi parametreler yer almaktadır (Cong-cong, Bing, Yi-Qiong, Jian-Sheng ve Tong, 2017). Optimizasyon çalışmaları, fenoliklerin verimini, saflığını ve biyoaktivitesini artırmayı ve böylece farmasötik, nutrasötik ve fonksiyonel gıda uygulamaları için etkili doğal ürünlerin geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Sindirim koşulları bazı maddeleri çeşitli biyoyararlılığa sahip başka bileşiklere dönüştürebilmektedir. Böylece, gıdaların biyoaktif özellikleri azalmakta ya da artmaktadır. Herhangi bir biyoaktif bileşenin etkisini gösterebilmesi için öncelikle kan dolaşımına girmesi ve dokulara etkili bir şekilde dağılması gerekmektedir (Heleno ve diğerleri, 2015). Flavonoidlerin ve fenolik asitlerin, yutulduktan ve gastrointestinal absorpsiyondan sonra büyük ölçüde metabolize edildiği, genellikle ana moleküllerden daha düşük biyolojik aktiviteye sahip plazma metabolitlerine dönüştürüldüğü iyi bilinmektedir. Sindirim sürecini modelleyen araştırmalar, biyoaktif bileşiklerin içeriğinin, gastrointestinal sistemin çeşitli bölümlerinden geçerken pH değişiklikleri, enzimatik faaliyetler ve bağırsak mikrobiyotasının metabolik aktivitesinin bir sonucu olarak değiştirildiğini göstermiştir. Örneğin, klorojenik asit içeriğinin yaklaşık üçte birinin ince bağırsakta emildiği, üçte ikisinin ise mikrobiyota tarafından metabolize edilecekleri kolona ulaştığı belirlenmiştir (Correa ve diğerleri, 2017). Tüm bu gerekçeler ışığında, bilimsel çalışmaya konu olan materyalin simüle edilmiş gastrointestinal sindirim sıvılarıyla biyolojik aktivitelerinin de değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

*Rosaceae* familyasının bir üyesi olan ayva (*Cydonia oblonga* Miller) yumuşak çekirdekli meyveler grubunda yer almaktadır. Ayva ekşi, sert, sulu, altın sarısı renkte ve hoş kokulu bir meyvedir. Düşük kalorili ve iyi bir diyet lifi kaynağı olan ayvanın C vitamini, potasyum, bakır, antioksidanlar, vitamin, mineraller açısından da zengin olduğu

bilinmektedir. Acılık, burukluk ve küspe sertliğinden dolayı ayvanın diğer meyvelere kıyasla taze olarak tüketimi daha az tercih edilmektedir. Bununla birlikte, meyve ve yaprağı, insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olduğu bilinen polifenol bileşiklerin iyi ve ucuz bir doğal kaynağıdır. Ayvanın farklı bölümleri önemli ve farklı miktarda fenolik bileşik içermektedir. Ayva meyvesinin özellikle 3-O- kafeoilkinik ve 5-O- kafeoilkinik asitler ile karakterize edildiği, posa ve kabukta kafeoilkinik asitlerin yanı sıra kaempferol, rutin ve kuersetin glikozitlerinin bulunduğu bildirilmiştir (Pacifico ve diğerleri, 2012; Stojanovic ve diğerleri, 2017).

Ayvanın sert eti ve buruk tadı nedeniyle çiğ olarak doğrudan tüketiminin uygun olmaması, elma ve armut gibi diğer çekirdekli meyve türlerine göre daha az popüler olması, endüstride kullanımının sınırlı kalması ve besin değerinin yüksekliliği sebebiyle tez konusu olarak ele alınması uygun grlmştir. Bu tez kapsamında, ayva bölümleri (yaprak, kabuk, posa, su ve çekirdek) farklı ekstraksiyon koşullarında fenolik bileşikleri ekstrakte edilmiş ve toplam fenolik madde miktarı yönünden optimize edilmiştir. Optimum ekstraksiyon koşullarında elde edilen fenolik ekstraktların antimikrobiyal ve antioksidan aktivitesi kapsamlı olarak incelenmiştir. Ayrıca çalışmada *in vitro* gastrik simülasyon sonrası her bir sindirim aşamasında ayva bölümlerinin ayrı ayrı biyoyararlılığı ortaya konmuştur. Ayrıca alışma kapsamında yeterince kullanım alanı olmayan ayvaya karşı insanların, üreticinin ve endüstrinin farkındalığını arttırmak, marmelat, reçel gibi geleneksel formlarından farklı formlarda kullanım olanağı sunmak ve ucuz bir polifenol kaynağı olan ayva kabuğunun yoğurda ilavesiyle antioksidan kapasitesine katkı yapılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

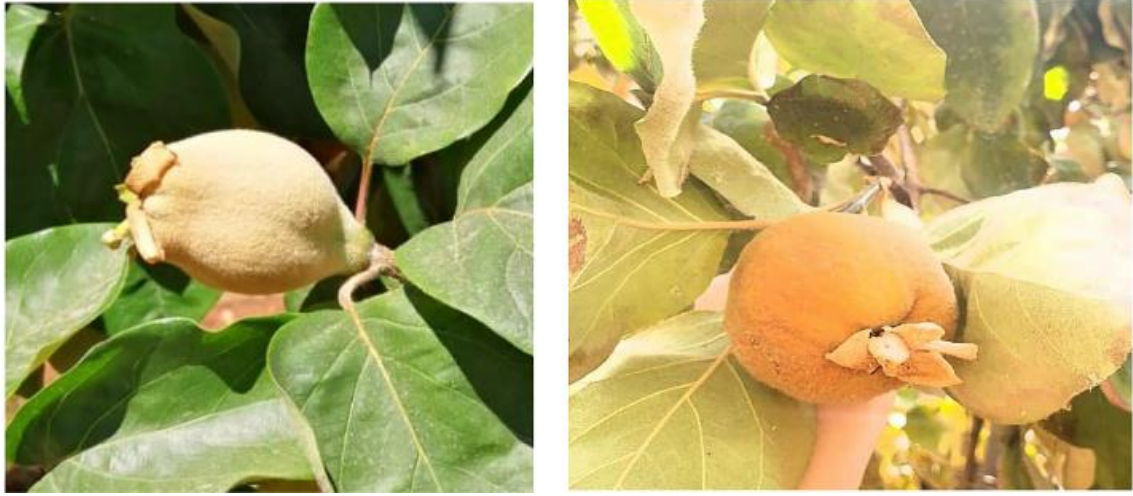
### 2.1. Ayva

Ayva (*Cydonia oblonga* Miller) *Rosaceae* familyasına ait, sıklıkla Akdeniz ikliminde yetişen, ekşi, sert ve sulu bir meyvedir. Ayvanın taze olarak tüketilmesindeki güçlük nedeniyle reçel, marmelat veya komposto olarak işlenmesi yaygındır. Orta Doğu'da çok geniş bir tarihe sahip olan ayva, İncilde “altın elma” olarak geçmekte, Yunan mitolojisinde Afrodite sunulan kutsal bir meyve olarak bilinmekte ve Romalılar tarafından ise balın içinde saklandığından “ballı elma” olarak tasvir edilmektedir (Karar, Pletzer, Jaiswal, Weingart ve Kuhnert, 2014). Tarihi kanıtlar ayva ağacının 4500 yıldır Trans-Kafkasya ve İran'ın kuzeyinden dünyanın en batı bölgelerine yayıldığını göstermektedir. İslah çalışmalarının, milattan önce 650 yılında ilk olarak Mezopotamya'da yapıldığı ve ayvanın üstün ırklarının seçilerek, önce Yunanistan ve İtalya'ya sonrasında ise Avrupa ülkelerine dağıldığı raporlanmıştır (Abdollahi, 2019).

Ayva, 5-8 m yüksekliğe kadar büyüyen, üst yüzeyi pürüzsüz, altları tüylü dallardan oluşan, yaprak döken bir ağaçtır. Ağacın ömrü 50 yıldan fazla olup ekonomik ömrü 25 yıldır. İlkbaharda beyaz pembe renkli çiçekler üreten ayva ağacı yumuşak çekirdekli meyve verir. Meyve karakteristik bir kokuya ve içerdiği yüksek miktardaki tanen sebebiyle de buruk bir tada sahiptir. Meyve şekline göre iki çeşit Ayva mevcuttur (*C. oblonga* subsp. *Maliformis* ve *Polyformis*). Birinci türün meyveleri elma, ikinci türün meyveleri armut biçimlidir. Elma şeklindeki meyveler, armut şekline kıyasla daha buruk bir tada ve sert ete sahiptir. Olgunlaşma öncesinde tüylerle kaplı olan meyve, olgunlaştıkça tüylerden arınır ve altın sarısı meyve rengine dönüşür. Ayva yaprakları 6-11 cm uzunluğunda ve elips şeklinde olup dış yüzeyinde beyaz tüyler bulunmaktadır (Al-Zughbi ve Krayem, 2022; Ashraf, Muhammad, Hussain ve Bukhari, 2016; Hanan, Sharma ve Ahmad, 2020).

Ayva yetiştiriciliğinin, ılıman iklim ve iyi drene edilmiş topraklara sahip bölgeler için uygun olduğu bildirilmiştir. Dona dayanıklı ve -20 °C'ye kadar düşük sıcaklıkları tolere edebilen ağacın, çiçeklenmeyi teşvik etmek ve meyve üretimini başlatmak için soğuğa ihtiyacı vardır. Ayva, Ekim-Kasım aylarında hasat edilmekte ve uygun koşullarda Mart

ayına kadar depolanabilmektedir (Şekil 2.1). Meyvenin %90,6'sı meyve etinden, %4,4'ü kabuktan ve %5'i ise çekirdekten oluşmaktadır (Al-Zughbi ve Krayem, 2022; Burcu, 2017). Hanan ve diğerlerinin (2020) yayınladıkları derlemede, ayvanın nem değerlerinin %80,36 - 86,9; kül değerlerinin %0,60 - 2,50; ham protein değerlerinin %0,60 - 1,58; ham lif değerlerinin %1,6 - 5,7 ve ham yağ değerlerinin %0,24-2,29 arasında değiştiğini bildirmiştir. Ayva düşük yağlı, karbonhidrat, lif, protein, vitamin, organik asit ve mineral bakımında zengin bir meyvedir. Kalsiyum, potasyum ve fosfor minerallerini yüksek miktarda içeren ayvanın, aynı familyadan olan elmaya kıyasla neredeyse iki kat daha yüksek miktarda mineral içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Al-Zughbi ve Krayem, 2022; Zapata ve diğerleri, 2019). Benzer şekilde askorbik asit (C vitamini) ve toplam fenolik madde miktarı bakımından da ayvanın, elma ve armuttan daha üstün besin değerine sahip olduğu bildirilmiştir (Benahmed Djilali ve diğerleri, 2021; Trigueros, Pérez-Alvarez, Viuda-Martos ve Sendra, 2011).



**Şekil 2.1.** Temmuz ayında ayva (sağ) ve Ekim ayında ayva (sol)

## 2.2. Dünyada ve Türkiye’de Ayva Üretimi

Tarım ve Orman Bakanlığı’na bağlı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsünün 2021 yılında yayınladığı rapora göre, dünya ayva dikili alanları son 5 yılda %13,6 artarak 93.699 ha’ya ulaşmıştır. Dikili alanlarda Çin ilk, İran ikinci ve Türkiye üçüncü sırayı alırken, ayva üretiminde Türkiye lider konumda yer almaktadır. Türkiye, hektar başına ayva verim ortalamasının 3,6 katı kadar daha yüksek verime sahiptir.

Üretimde rol oynayan diğer ülkeler ise sırasıyla Çin, Özbekistan, İran, Morokko ve Azerbeycan'dır. Dünyada ayva ihracatının Türkiye, Hollanda, İspanya, Yunanistan ve Avusturya'dan oluşan 5 ülke tarafından yapıldığının belirtildiği raporda, Türkiye'nin %41,4'lük pay ile ihracatta da birinci olduğu vurgulanmıştır. İthalatta ise Rusya %19'luk pay ile ilk sırada yer almaktadır (Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, 2021).

Dünya çapında yetiştirilen 70'den fazla genotip çeşitliliğine sahip ayvanın, ticari öneme sahip çeşitleri arasında "Smyrna", "Bereczcki", "Vranja", "Portugal", "Ekmek" "Gamboa" "Orange", "Meech's Prolific", "Van Deman", "Pineapple", "Botermo", "Morava" ve "Champion" çeşitlerinin yer aldığı belirtilmektedir (Rasheed ve diğerleri, 2018). Türkiye'de ayva yetiştiriciliğinin yoğun yapıldığı bölge Marmara bölgesi olup üretimin %80'i Sakarya, Bursa, Denizli, Bilecik, Çanakkale, Isparta ve Amasya illerinde yapılmaktadır. Türkiye'de iyi bilinen ticari ayva çeşitleri arasında ise "İsfahan", "Ekmek", "Şeker", "Limon", "Bardak" ve "Eşme" yer almaktadır. Eşme çeşidi ayvanın son yıllarda Marmara bölgesinde yetiştiriciliğinin arttığı belirtilmiştir. Bu çeşidin meyve etinin gevrek, bol sulu ve mayhoş tada sahip olduğu ve sofralık değerinin yüksek olduğu vurgulanmıştır (Gerçekçioğlu, Ertürk ve Öz Atasever, 2018).

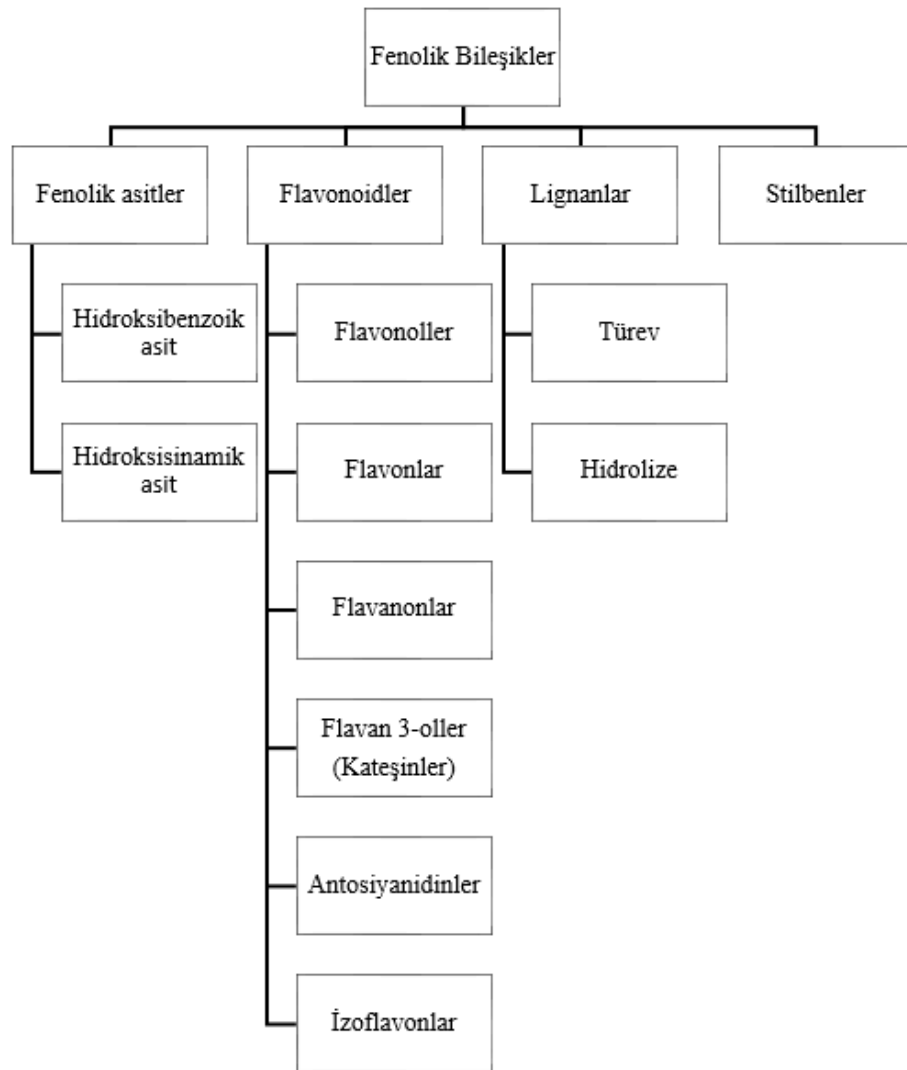
### **2.3. Fenolik Bileşikler**

Fenolik bileşikler, yapısal olarak aromatik veya alifatik yapılara, bir veya daha fazla hidroksil grubunun bağlandığı en az bir aromatik halkaya sahip bileşikler olarak tanımlanırlar (Ambriz-Pérez, Leyva-López, Gutierrez-Grijalva ve Heredia, 2016). Bu bileşikler; tahıl taneleri, sebzeler, baklagiller, meyveler, yemişler gibi bitkisel gıdalarda ve bu bitkisel kaynaklardan işlenen gıdalarda (meyve suları, şarap, çay vb.) bulunurlar. Fenolik bileşikler bitkilerin aromatik amino asit metabolizması sırasında üretilen ara bileşikleri olup, ikincil metabolitleridir. Bu bileşikler canlı hücrelerin normal büyüme, gelişme ve üreme fonksiyonlarının yanı sıra, ultraviyole (UV) ışınları, uygun olmayan sıcaklık, elverişsiz toprak pH değeri, patojenler ve diğer istilacı türlere karşı bitki savunmasında doğrudan rol oynamaktadırlar. Ayrıca bitkilerin pigmentasyonundan ve



organoleptik (tat ve koku) özelliklerinden de sorumludurlar (Alara, Abdurahman ve Ukaegbu, 2021; Dias, Sousa, Alves ve Ferreira, 2016; Kılıç, 2021).

Fenolik bileşiklerin literatürde çok farklı şekilde sınıflandırıldığı tespit edilmiştir. Moleküldeki fenol birimlerinin sayısına göre; basit fenoller veya polifenoller olarak, flavanoidler ve flavanoid olmayanlar şeklinde, aromatik halka sayısına, suda çözünebilirliğe, karbon yapısına göre sınıflandırma yapılabildiği görülmüştür (Şekil 2.2) (Khoddami ve diğerleri, 2013; Kılıç, 2021).



**Şekil 2.2.** Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması (Gao ve diğerleri, 2022)

Son yıllarda bitkisel gıda atıklarının çoğunda büyük miktarlarda polifenollerin rapor edildiği ve bunların ucuz birer polifenol kaynağı oldukları vurgulanmıştır. Meyve atığı

olarak kabul edilen ve meyve işleme endüstrisinin yan ürünleri olan çekirdek, tohum, prina ve kabuk bazı meyvelerin toplam ağırlığının %30'unu oluşturmaktadır (Albuquerque, Heleno, Oliveira, Barros ve Ferreira, 2021; Dibanda, Akdowa, Rani, Tongwa ve Mbofung, 2020). Şarap üretimi sonrasında kalan atıkların toplam işlenmiş üzümün ağırlıkça %20-30'una karşılık geldiği ve üzüm polifenollerinin yaklaşık %70'inin posada kaldığı belirtilmiştir. Yine tüm meyvenin %40'unu oluşturan ve fenolik bileşikler bakımından zengin nar (*Punica granatum* L.) kabuklarının genel olarak atık olarak görüldüğü, endüstriyel olarak değerlendirilemediği bildirilmektedir (Albuquerque ve diğerleri, 2021). Kızılcık suyu işleme endüstrisinin yan ürünü olan posanın da, iyi bir ellagik asit kaynağı olduğu raporlanmıştır (Martins ve diğerleri, 2011). Narenciye endüstrisi yan ürünleri, özellikle kabukların yenilebilir kısımlara kıyasla daha yüksek miktarlarda toplam fenolik içerdiği bulunmuştur. Elma, şeftali ve armut kabuklarının, soyulmuş meyvelerde bulunandan iki kat daha fazla toplam fenolik madde içerdiği belirtilmiştir. Muzun yenilebilir posasının 232 mg/100 g kuru ağırlık fenolik içerdiği, bu miktarın kabuktaki fenolik madde miktarının yaklaşık %25'ine karşılık geldiği raporlanmıştır (Balasundram, Sundram ve Samman, 2006).

### **2.3.1. Fenolik Asitler**

Karboksilik asit içeren fenolik bileşiklere fenolik asitler denilmektedir. Karboksilik asitin fonksiyonel grubu, doğrudan fenol halkasına bağlıysa, hidroksibenzoik asit, karboksilik asit fonksiyonel grubu ve fenol halkası iki çift bağlı karbonla (bir C=C bağı) ayrılmış ise, hidroksisinnamik asit olarak adlandırılırlar (Hamad, 2016). Hidroksibenzoik asitlere örnek olarak, salisilik asit, m-hidroksibenzoik asit, p-hidroksibenzoik asit, gallik ve vanilik asit verilebilir. Bitkisel gıdalar, bu bileşikleri iz miktarda içermekte ya da hiç içermemektedirler. Hidroksisinnamik asitlerin ise, hidroksibenzoik asitlere kıyasla gıdalarda daha fazla bulunduğu bilinmektedir. Önemli hidroksisinnamik asitler olarak ferulik asit, kafeik asit, o-kumarik asit ve p-kumarik asit verilebilir (Gao ve diğerleri, 2022). Fenolik asitler esterler, glikozitler veya amidler formunda bulunmakla birlikte nadiren serbest formda da bulunabilmektedir. Fenolik asitlerdeki çeşitlilik, aromatik halkadaki hidroksil gruplarının sayısı ve yerleşimin farklılığından ileri gelmektedir (Khoddami ve diğerleri, 2013)

### 2.3.2. Flavonoidler

Flavonoidler, bilinen sekiz bini aşkın fenolik bileşiğin yarısından fazlasını oluşturan ve insan diyetinin başlıca polifenoller arasında yer alan fenolik bileşiklerdendir. Bu bileşikler bitkinin karotenoidler ve klorofillerle birlikte mavi, mor, sarı, turuncu ve kırmızı renklerinden sorumludurlar. Flavonoidler difenil propan ve iki benzen halkasının üçlü karbon zinciriyle birleşmesinden oluşurlar. Flavonoid yapısındaki çeşitlilik, temel molekülü değiştiren hidrosilasyon, prenilasyon, alkalileştirme ve glikosilasyon reaksiyonlarından kaynaklı meydana gelmektedir (Khoddami ve diğerleri, 2013). Flavonoidler bir veya daha fazla şeker molekülüne bağlı olduklarında flavonoid glikozit olarak ve bir şeker molekülüne bağlı olmadıklarında ise aglikonlar olarak adlandırılmaktadırlar (Haminiuk ve diğerleri, 2012). Flavonoidler merkezi konumda yer alan karbon halkasının oksidasyon durumuna göre flavonoller flavonlar, flavanonlar, flavan 3-oller, antosiyaninler, ve izoflavonlar olmak üzere 6 gruba ayrılırlar.

Flavonollerin başlıca temsilcileri; mirisetin, kaempferol ve kuersetin olup, pırasa, brokoli, karalahana ve soğanda bol miktarda bulunmaktadır. Çay ve kırmızı şarap, flavonollerin glikoz veya rhamnnoz gibi bazı basit şekerlerle glikozit formunu da içermektedir. Kateşinler olarak da bilinen flavanollerin, çay, kakao, elma ve çilek gibi bazı meyvelerde bol miktarda olduğu belirtilmiştir. Epikateşin, epikateşin gallat ve epigallokateşin gallat, kateşin örnekleridir. Flavanoller, antioksidan aktiviteleri ile bilinir ve kardiyovasküler sağlık yararları ile ilişkilendirilirler (Alara ve diğerleri, 2021). Hesperidin ve naringenin gibi flavanonlar turunçgillerde yaygın olarak bulunmaktadır (Singh ve diğerleri, 2020). Antioksidan ve antiinflamatuvar özellikleriyle bilinmektedirler. Antosiyaninler, bitkilerde bol miktarda bulunan bir flavonoid grubu içinde suda çözünür doğal pigmentlerin bir sınıfıdır. Antosiyaninler, yapılarındaki hidroksil gruplarının yeri ve miktarına, glikasyon derecesine ve elektron donörlerine bağlı olarak iyi bir antioksidan aktiviteye sahiptir. Antosiyaninler, birçok meyve ve sebze canlı kırmızı, mor ve mavi renklerden sorumludurlar. İyi bilinen antosiyanin bileşikleri arasında siyanidin, delfinidin ve malvidin sıralanabilir (Albuquerque ve diğerleri, 2021). Genistein ve daidzein gibi izoflavonlar ağırlıklı olarak baklagillerde, özellikle soya fasulyesinde bulunur. Östrojenik

aktiviteleri ile tanınırlar ve menopoz semptomlarını hafifletmek ve hormonla ilişkili belirli kanser riskini azaltmak dahil olmak üzere potansiyel sağlık yararları ile ilgi çekmektedirler (Vitale, Piazza, Melilli, Drago ve Salomone, 2013).

### **2.3.3. Lignanlar**

Lignanlar, iki fenilpropanoid biriminin oksidatif eşleşme reaksiyonları sonucu dimerizasyon yoluyla oluşmaktadır. Geniş yapısal çeşitlilikleri, terminolojilerinde ve sınıflandırmalarında farklılıklara neden olmuştur. Sekiz tip lignan, karbon zinciri iskeletine, oksijenin iskelete entegre edilme şekline ve siklizasyon moduna göre sınıflandırılmaktadır (Ecevit, Barros, Silva, ve Reis, 2022; Lv ve diğerleri, 2021). Doğal bitki bileşiklerinin bir sınıfı olan lignanlar keten tohumu, susam ve balkabağında yaygın olarak sentezlenirler. Lignanların östrojenik ve anti-östrojenik aktiviteye sahip oldukları bildirilmiştir (Albuquerque ve diğerleri., 2021; Gao ve diğerleri, 2022).

### **2.3.4. Stilbenler**

Stilbenler, üzüm, çilek, yer fıstığı, kırmızı şarap ve bazı şifalı bitkiler gibi çok çeşitli diyet kaynaklarında doğal olarak bulunan bir fenolik bileşik sınıfıdır. Ancak ana diyet kaynakları yer fıstığı ve üzümdür. Stilben bileşiklerinin temel kimyasal yapısı 1,2-difeniletildir ve bitkilerde trans formu yaygın olarak bulunur. Son zamanlarda stilbenler, antiinflamasyon, antikarsinojenik, antidiyabet ve antidislipidemi aktiviteleri gibi çok çeşitli sağlığa yararlı etkileri nedeniyle büyük ilgi çekmiştir. Bu grubun ana temsili bileşiği, kardiyovasküler sistemde antioksidan etkiler gösteren ve çeşitli tümör hücrelerinde çoklu ilaç direncini kemoterapötik ajanlara duyarlı hale getirerek tersine çevirebilen resveratrol bileşiğidir (Gao ve diğerleri., 2022; Lv ve diğerleri, 2021; Zhang, Cai, Cheng ve Zhang, 2022).

## **2.4. Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu**

Diyet polifenollerinin beslenme ve sağlık arasındaki ilişkisini ortaya koyan güçlü bilimsel kanıtların varlığı, günümüzde araştırmacıları bu bileşiklerin bitki dokularından minimum hasar ile elde etmesini amaçlayan çalışmalara yöneltmiştir. Fenolik bileşikler, fenolik

asitler gibi monomerlerden tanenler gibi oldukça polimerize moleküllere kadar değişen çok karmaşık bir bileşik ailesini temsil etmektedir. Bu karmaşık yapıya ilave olarak bu bileşikler hidroksil gruplarına bağlı bir veya daha fazla şeker birimi (monosakkaritler, disakkaritler ve hatta oligosakkaritler) ile konjuge formlarda bulunurlar. Ayrıca karboksilik asitler, aminler ve lipitler (örn. terpenler) gibi diğer bileşiklerle de bağ yapabilirler. Bununla birlikte bitki materyallerinden fenolik bileşiklerin geri kazanımını etkileyen çözgen polaritesi, bileşiklerin stabilitesi, ekstraksiyon öncesi örnek hazırlama ve ekstraksiyon yöntemleri gibi çok fazla parametre bulunmaktadır. Yapılan çok sayıda nitelikli bilimsel çalışmaya rağmen tüm fenoliklerin veya belirli bir grubun ekstraksiyonu için genel kabul görmüş bir prosedür oluşturulamamıştır (Alara ve diğerleri, 2021).

Geleneksel olarak, fenolik bileşiklerin, özellikle serbest fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu, su, aseton, etanol, metanol gibi organik çözücülerin kullanıldığı farklı geleneksel katı-sıvı ekstraksiyon teknikleri (Soxhlet, maserasyon, hidrodistilasyon vb.) kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ekstraksiyonun kantitatif ve kalitatif performansının büyük ölçüde kullanılan çözücünün polaritesine bağlı olduğu bilinmekle birlikte, ekstrakte edilecek fenolik bileşiklerin kimyasal bileşimine, bunların hidroksil gruplarının sayısı ve konumuna, moleküler boyutuna, sıcaklık, temas süresi, partikül boyutu, substrat :çözücü oranına ve gıda matrisine bağlı olarak değişmektedir (Lama-Muñoz ve Contreras, 2022).

Geleneksel yöntemlerden biri olan maserasyon, toz haline getirilmiş bir numunenin kapalı bir sistem içinde uygun çözücüye batırılması ve ardından oda sıcaklığında sabit veya düzenli çalkalamanın kullanıldığı basit bir ekstraksiyon yöntemidir. Ekstraksiyon sonrası katı kısmı çözücünden ayırmada genellikle filtreleme işlemi kullanılmaktadır. Maserasyon kolay bir teknik olmasına rağmen, zaman alıcı olması ve büyük hacimlerde solvent gerektirmesi gibi dezavantajlara sahiptir (Alara ve diğerleri, 2021). Dekoksasyon tekniği, bitki örneklerinin kaynatılmasını veya bitki örneklerinin üzerine kaynamış su dökülerek karışımın belirli bir süre bekletilmesini içeren, çoğunlukla eczacılıkta ısıya dayanıklı ve suda çözünür fitokimyasalların ekstrakte edilmesinde kullanılan bir tekniktir. Yine eczacılıkta sıklıkla kullanılan ekstraksiyon yöntemlerinden biri olan perkolasyon tekniği toz haline getirilmiş numunenin perkolatör denilen kapalı bir sisteme

yerleştirilmesini ve çözücünün kademeli olarak yukarıdan aşağıya doğru belirli aralıklarla damıtılmasını içermektedir (Belokurov, Narkevich, Flisyuk, Kaukhova ve Aroyan, 2019). Soxhlet ekstraksiyonu yaygın olarak "katı-sıvı ekstraksiyonu" olarak bilinen en eski ekstraksiyon tekniklerinden biridir. Soxhlet ekstraksiyonunda selülozik bir yapıya sahip kartuş içerisine küçük parçalara ayrılmış katı materyal konur ve ekstraksiyon kolonuna yerleştirilir. Cam balona çözgen ilave edilir ve ısıtıcı yardımıyla bu çözgenin buharlaşması sağlanır. Buharlaşan çözgen önce ekstraksiyon kolonuna sonrada geri soğutucuya ulaşıp yoğunlaştırılır ve tekrar ekstraksiyon kolonuna gelerek çözünecek maddenin çözücüye geçişi sağlanır. Ardından çözgen tekrar cam balona geri döner. Sürekli bir proses olan soxhlet ekstraksiyonunun, maserasyon yöntemine göre daha az zaman ve solvent gerektirmesi, ekstraksiyon sonrası filtrasyon gerektirmemesi gibi avantajlara sahip olduğu bildirilmiştir. Ancak geleneksel soxhlet ekstraksiyonunun da çözgenin kaynama noktasında katı maddeye muamelesi nedeniyle ısıya duyarlı bileşiklerin hasara uğraması söz konusudur. Günümüzde yüksek basınç, ultrason ve mikrodalga gibi yardımcı enerji biçimlerinin dahil edilerek soxhlet ekstraksiyonu modifiye edilmiş, örnek hazırlama ve ekstraksiyon sürelerinin kısaltılması ve ekstraksiyon düzeneğinin otomatikleştirilmesi amaçlanmıştır (Castro, 2010) .

Geleneksel ekstraksiyon teknikleri basit prosedürlere sahip olsalar da, düşük ekstraksiyon verimi, uzun zaman ve yoğun iş gücü gereksinimi, toksik olabilen ve ekstraktlarda eser miktarda kalabilen yüksek miktarda organik çözücü tüketimi gibi dezavantajlara sahiptir. Bu dezavantajlardan dolayı, son yıllarda bu geleneksel tekniklerin yerini, bir enerji kaynağının kullanıldığı alternatif ekstraksiyon yöntemleri almaktadır. Yeşil teknoloji (green technology) temeline dayanan bu teknikler, enerji tüketimini azaltan, toksik olmayan, biyolojik olarak parçalanabilen, tesislere uygun, işlem sonunda geri kazanımı mümkün çözücülerin kullanımına izin veren, yüksek verimlilik ve saflıkta ekstrakt elde etmeyi sağlayan, az miktarda çözücü tüketimi nedeniyle düşük maliyetli yöntemler olarak görülmektedir. Günümüzde fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda geleneksel ekstraksiyon tekniklerinin yanı sıra, süperkritik sıvı ekstraksiyonu, mikrodalga destekli ekstraksiyon, ultrason destekli ekstraksiyon, darbeli elektrik alan, darbeli ohmik ısıtma, yüksek basınç gibi tekniklerin kullanılmaya başlandığı ve sonuçların umut verici olduğu

belirtilmiştir (Bubalo, Vidovic, Redovnikovic ve Jokic, 2018; Huang ve diğeri., 2023; Moro, Bender, da Silva ve Penna, 2021).

Keşfinden bu yana büyük bilimsel ilgi gören süper kritik sıvı ekstraksiyonu; çevresel, farmasötik, polimer ve gıda analizi uygulamalarında yer almaya başlamıştır. Gıda endüstrisinde çay ve kahvenin kafeinsizleştirilmesi, aroma ve renk maddeleri, vitaminler gibi gıda bileşenlerinin üretimi, pestisitlerin gıdalardan uzaklaştırılması, tarımsal endüstriyel atıklardan biyoaktif bileşenlerin ekstrakte edilmesi gibi çeşitli uygulamalarda kullanıldığı görülmektedir. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) inert olması, toksik olmaması ve düşük kritik sıcaklıkta ekstraksiyona izin vermesi nedeniyle süper kritik sıvı ekstraksiyonunda ideal çözücü olarak kullanılmaktadır. Ancak süper kritik CO<sub>2</sub>'nin polar olmayan karakteri sebebiyle polifenoller gibi polar bileşikler çözme kapasitesinin az olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle ekstraksiyon verimini arttırmak amacıyla etanol, metanol, aseton veya su gibi yardımcı çözücülerin sisteme eklenmesi gerektiği raporlanmıştır (Moro ve diğeri, 2021).

Ultrasonikasyon saniyede 20000 veya daha fazla titreşime sahip ses dalgalarının enerji üretimi olarak tanımlanmaktadır. Ultrasonikasyon için geliştirilmiş cihazlar 20 kHz - 10 MHz frekans üretebilmektedir. Ultrasonikasyonun ısı işleme göre en önemli avantajının, proses sıcaklığı düşükken, bozulma yapan ve patojenik mikroorganizmaların ve istenmeyen enzimlerin inaktivasyonunu sağlayarak ürünün tat, koku, doku ve besin maddelerinin daha iyi korunması olduğu bildirilmiştir (Yıkılmış, Aksu, Çöl ve Alpaslan 2019). Ultrason destekli ekstraksiyonda yüksek frekanslı ultrasonik dalgaların oluşturduğu kavitasyon nedeniyle hücre duvarı parçalanır ve üretilen termal enerji ile birlikte çözücü doku içine penetre olur ve çözünen maddenin çözücüye transferi gerçekleşir (Huang ve diğeri, 2023; Martínez-Ramos ve diğeri, 2020). Bitki bileşenlerinin özütlenmesinde ultrason destekli ekstraksiyon daha kısa süre, daha az çözücü kullanımı, iyi kalite ve yüksek verimde ekstrakt geri kazanımı sebebiyle önerilmektedir (Carrera, Ruiz-Rodríguez, Palma ve Barroso, 2012). Turunçgil kabuğundan fenolik bileşen ekstraksiyonunda maserasyon ve ultrason destekli ekstraksiyonun etkilerinin araştırıldığı çalışmada ultrason destekli ekstraksiyonun

maserasyon yöntemine kıyasla daha düşük sıcaklıkta daha yüksek ekstraksiyon verimine sahip olduğu tespit edilmiştir (Ma, Chen, Liu ve Ye, 2009).

Mikrodalga, 300 MHz ila 300 GHz frekans aralığına sahip elektromanyetik enerjiye sahiptir. Elektromanyetik enerji, iyonik iletim ve dipol dönüşü yoluyla ısı enerjisine aktarılmaktadır. Mikrodalga enerjisi tarafından üretilen elektrik alan parçacıkların hareketine neden olmakta ve hızlı bir enerji salınımı gerçekleşmektedir (Alvi, Asif ve Khan, 2022). Mikrodalga destekli ekstraksiyonda bitki dokuları ve hücre duvarı ile etkileşime giren ve bitki matrisinde bulunan nemin ısınmasına ve buharlaşmasına neden olan boşluklu magnetronun elektromanyetik dalgalar üretilir. Mikrodalganın yarattığı basınç, bitki hücrelerinin şişmesine, matristeki yapısal değişikliklere ve hücrelerin parçalanmasına neden olmakta ve çözünen maddelerin kütle transferini ve bitkiden fitokimyasalın özütlenmesi sağlamaktadır (Dhua, Kumar, Sharanagat ve Nema, 2022). Mikrodalga destekli ekstraksiyonun etkinliği solvente, mikrodalga ışınlama gücüne, ekstraksiyon süresine, sıcaklığa, basınca, solvent-numune oranına ve bitki matrislerinin özelliklerine (nem ve partikül boyutu dahil) bağlı olarak değişmektedir. Mikrodalga destekli ekstraksiyon daha düşük solvent tüketimi, çevreye daha az atık salınımı, daha hızlı ekstraksiyon (genel olarak 1–20 dakika) ve mikrodalgaların cihazı ısıtmayarak sadece numuneyi ısıtması sebebiyle enerji tasarrufu sağlaması gibi geleneksel yöntemlere kıyasla birçok avantaja sahip olduğu vurgulanmıştır (Dibanda ve diğerleri, 2020; Tomasi, Santos, Boaventura ve Botelho, 2023).

Polifenollerin ekstrakte etmek için kullanılan çözücüler arasında su, metanol, kloroform, n-heksan, etanol, propanol, etil asetat ve aseton bulunmaktadır. Bu çözücülerin polaritelerinde farklılık fitokimyasalların ekstraksiyonu üzerinde farklı etkilere neden olmaktadır. Bir numuneden tüm fenolik bileşik sınıflarını aynı anda ekstrakte edebilen tek bir solventin olmadığı, genel olarak asetonun, proantosiyanidinleri ve tanenleri; etanolün flavonoidleri ve bunların glikozitlerini; metanolün fenolik asitler ve kateşini özütlemeye daha iyi olduğu belirtilmiştir. Bu durum çözücünün moleküler ağırlığı ne kadar yüksekse, polaritenin o kadar düşük olması ve benzer moleküler ağırlığa sahip diğer maddeleri daha kolay ekstrakte edebilmesiyle açıklanmıştır. Aseton, etanol ve metanolün polaritesi sırasıyla 0,355; 0,654 ve 0,762 olduğundan, düşük polariteye sahip asetonun



yoğunlaştırılmış tanenler gibi yüksek moleküler ağırlığa sahip fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için ideal olduğu raporlanmıştır (Mokrani ve Madani, 2016).

Mutlak organik çözücülere kıyasla sulu organik çözen kullanımının daha iyi özütleme verimliliğine sahip olduğu belirtilmiştir (Alara ve diğerleri, 2021). Çine özgü geleneksel tıbbi bir bitkiden fenolik bileşen ekstraksiyonunda farklı çözen (etanol, metanol ve aseton) ve sulu formlarının etkisi incelenmiş ve her üç organik çözücünün %0-70 konsantrasyon aralığında konsantrasyon arttıkça toplam fenolik madde içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Ancak %70-90 arasında, organik çözücü konsantrasyonunun artmasıyla fenolik bileşen içeriğinin üç organik çözücü için de azaldığı vurgulanmıştır (Ma ve diğerleri, 2021).

Optimum ekstraksiyon çözücüsünün seçilmesine ek olarak, süre ve sıcaklık bitkisel gıdalardan ekstrakte edilen fenoliklerin verimini etkileyen diğer iki önemli parametredir. Genel olarak, artan zaman ve sıcaklık çözünecek maddenin çözünürlüğünü arttırmaktadır ancak bitki fenolikleri uzun ekstraksiyon süreleri ve yüksek sıcaklıklar nedeniyle enzimatik oksidasyon gibi istenmeyen reaksiyonlara maruz kalıp bozulurlar. Santos ve Martins'in (2023) yenilebilir çiçekten fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için yaptıkları optimizasyon çalışmasında, antosiyaninlerin ekstraksiyonunun en çok sıcaklık parametresinin etkilediğini, fenolik bileşiklerin ve flavonoidlerin içeriğinin geri kazanım verimini ise en çok zamanın etkilediğini bulmuşlardır.

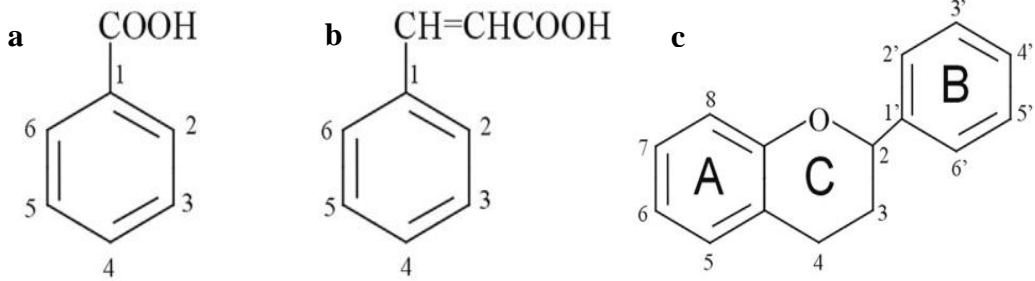
Solvent-numune oranının ve gerçekleştirilen tekrarlı ekstraksiyonların sayısının da fenoliklerin geri kazanımını etkilediği bildirilmiştir. Solvent-numune oranının artırılmasının, bitki numunelerinden fenolik bileşikleri özütlemeyi teşvik ettiği ancak solvent miktarının dikkate alınması ve solventin fenolik bileşikler bakımından uygunluğa ulaşmasını en aza indirmek için optimum oranın belirlenmesi önerilmektedir (Khoddami ve diğerleri, 2013).

## 2.5. Fenolik Bileşiklerin Antioksidan Aktive ile İlişkisi

Reaktif oksijen türlerinin çok kararsız olduğu ve DNA, membran lipitleri ve proteinler dahil olmak üzere birçok bileşik ile hızla reaksiyona girerek diyabet, hipertansiyon, kanser, nörodejeneratif, mide ülserleri ve artrit gibi dünya çapında artan vakalarla sonuçlanan sağlık sorunlarına neden olduğu bilinmektedir. Fenolik bileşikler açısından zengin bir diyetin, hücre metabolizmasından bu serbest radikalleri temizleyerek yaşlanmaya ve yaşa bağlı hastalıklara yol açan oksidatif hasarı önleyebileceği öne sürülmektedir (Feumba ve diğerleri, 2020). Birçok çalışmada, yüksek oranda polifenol tüketiminin kanser ve enflamatuvar hastalıklara karşı koruyucu olduğu raporlanmıştır (Oliveira ve diğerleri, 2012).

Fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesi, serbest radikalleri temizleme, oksidasyon sürecinde yer alan enzimleri inhibe etme, hidrojen atomu ya da elektron donoru olma veya metal katyonlarını şelatlama yeteneklerinden ileri gelmektedir. Fenolik bileşiklerin kimyasal yapısı, radikal yakalama ve metal şelatlama aktivitelerinde belirleyici olmaktadır. Fenolik asitler söz konusu olduğunda, antioksidan aktivite, hidroksil grubu sayısına ve konumuna bağlı değişmektedir. Bu bileşiklerde hidroksil gruplarının sayısı ne kadar yüksekse, bileşiğin o kadar yüksek antioksidan özellik gösterdiği bilinmektedir. İki hidroksil grubuna sahip kafeik asidin (3,4-dihidroksi-sinamik asit), aromatik halkaya bağlı yalnızca bir hidroksil grubuna sahip olan p-kumarik asitten (4-hidroksisinamik asit) daha iyi antioksidan olduğu raporlanmıştır (Olszowy, 2019). Karboksil grubuna (-COOH) orto- veya para- pozisyonunda bulunan hidroksil grubuna sahip monohidroksibenzoik asitlerin hiçbir antioksidan aktivite göstermedikleri belirlenmiştir. Hidroksisinamik asitlerin, hidroksibenzoik asitlere kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite sergilediği vurgulanmıştır. Flavonoidlerin yapı-aktivite ilişkisi, flavonoid moleküllerinin görece karmaşıklığından dolayı genellikle hidroksibenzoik ve hidroksisinamik asitlerden daha kompleks olduğu, bu bileşiklerde antioksidan aktiviteyi B ve C halkalarındaki ikamelerin bazı yapısal özellikleri belirlediği ifade edilmiştir. Örneğin B halkasının 30-, 40- ve 50- konumlarında hidroksil gruplarının varlığının, tek bir hidroksil grubuna sahip olanlara kıyasla antioksidan aktivitesini arttırdığı bildirilmiştir. Ancak bu durumun antosiyanidinler için geçerli olup kateşinler için tam

tersi etki yarattığı da ortaya konmuştur. C halkasına 3-hidroksil grubu bağlı flavonoidlerin antioksidan aktivitesinin daha yüksek olduğu saptanmıştır (Balasundram ve diğerleri, 2006; Oliveira ve diğerleri, 2015).



**Şekil 2.3.** a) benzoik asit, b) sinamik asit ve c) flavonoidin temel yapıları

Bazı fenolik bileşikler (özellikle flavonoidler), canlı organizmalarda oksidasyon sürecinde yer alan enzimlerin aktivitesini etkileyebilmektedirler. Flavonoidlerin glutasyon ile ilişkili enzimleri (glutasyon S transferaz, glutasyon peroksidaz ve glutasyon redüktaz) aktive edebildiği bilinmektedir. Gentisik asit, gallik asit, ferulik asit ve p-kumarik asidin ardışık 14 gün boyunca 100 mg/kg vücut ağırlığı dozunda sıçanlara verildiği çalışmada, karaciğer ve ince bağırsakta süperoksit dismutaz, glutasyon peroksidaz ve katalaz aktivitesinde artışa neden olduğu raporlanmıştır (Yeh ve Yen, 2006).

Çalışmalar, polifenollerin antioksidan kapasitesinin protein-fenolik etkileşimlerden etkilenebileceğini de göstermektedir (Oliveira ve diğerleri, 2015). Bir çalışmada süt proteinlerinin polifenollerin DPPH radikal yakalama aktivitesini %70 oranında azalttığı raporlanmıştır (Xiao ve diğerleri, 2011). Dubeau, Samson ve Tajmir-Riahi (2010) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise çaylara süt eklenmesinin ABTS radikal yakalama kapasitesi ile ölçülen antioksidan kapasitelerinde %6 ile %20 arasında azalmaya yol açtığını gözlemlemişlerdir.

## 2.6. Fenolik Bileşiklerin Antimikrobiyal Aktive ile İlişkisi

Yapılan literatür araştırmasında, fenolik bileşiklerin potansiyel antimikrobiyal özelliklerinin kapsamlı olarak incelendiği belirlenmiştir. Fenolik bileşikler ve antimikrobiyal aktivite arasındaki ilişki, bu bileşiklerin ilaç, gıda muhafazası ve sağlık hizmetleri dahil olmak üzere çeşitli endüstrilerdeki potansiyel uygulamalarından dolayı büyük ilgi görmektedir.

Fenolik bileşiklerin belki de en eski tıbbi uygulaması fenolün antiseptik olarak kullanılmasıdır. *Staphylococcus aureus*'a karşı etkili olan modern antiseptik maddelerin, %5'lik (a/h) bir fenol çözeltisiyle karşılaştırıldığı ve günümüzde fenolün %1,4'lük konsantrasyonda boğaz pastillerinde oral anestetik olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Vermerris ve Nicholson, 2006).

Fenolik bileşikler birden fazla mekanizma yoluyla antimikrobiyal aktivite sergilemektedirler. Ana mekanizmalardan biri, mikroorganizmanın hücre zar geçirgenliğini bozmasıdır. Bu durum hücresel bileşenlerin dışarı sızmasına ve nihayetinde hücre ölümüne yol açmaktadır. Hücre zarı üzerindeki bu yıkıcı etki, fenolik bileşiklerin hücre zarında bulunan lipidler ve proteinlerle etkileşime girmelerini sağlayan hidrofobik doğası ile ilişkilendirilmiştir (Bouarab-Chibane ve diğerleri, 2019). Ayrıca fenolik bileşiklerin antioksidan özelliğinin antimikrobiyal aktivitelerine de katkıda bulunduğu bildirilmiştir. Fenolik bileşiklerin neden olduğu oksidatif stresin, mikroorganizmaların DNA'sına, proteinlerine ve lipidlerine zarar vererek büyümelerini ve hayatta kalmalarını etkilediği raporlanmıştır. Bu etki mekanizmalarının yanı sıra, metabolizmada yer alan çeşitli enzimlerin aktivitesini modüle ettikleri de belirlenmiştir (Ecevit ve diğerleri, 2022; Lima ve diğerleri, 2019). Ferulik asit, gallik asit, karvakrol, timol ve öjenol gibi birçok fenolik bileşiğin, iyon akışında yarattıkları değişimler nedeniyle mikroorganizmanın hücre içi pH'sının bozulmasına neden oldukları ve enerji üretim sistemine müdahale ederek üretimi bloke ettikleri belirtilmiştir (Zamuz ve diğerleri, 2021).

Fenolik bileşiklerin antimikrobiyel aktivitesi kimyasal yapılarına, konsantrasyona ve hedeflenen mikroorganizmaya bağlı olarak değişmektedir. Resveratrol ve kuersetin gibi bazı fenolik bileşiklerin, çok çeşitli mikroorganizmalara karşı geniş spektrumlu antimikrobiyel aktivite gösterdiği ancak timol ve öjenol gibi fenoliklerin özellikle bakteri ve mantarlara karşı daha spesifik antimikrobiyal etki ortaya koydukları belirtilmiştir (Lima ve diğerleri, 2019; Zamuz ve diğerleri, 2021). Bir araştırmada kurkumin, resveratrol, sinemaldehid, p-kumarik asit ve koniferil alkolün *Escherichia coli* W1485 ve *Bacillus cereus* suşları üzerindeki antibakteriyel etkisi incelenmiş ve 240 µg/mL resveratrolün *E. coli* W1485'ü 48; 240 µg/mL sinemaldehitin *B. cereus*'u 4 saatte inhibe ettiği tespit edilmiştir (Makwana, Choudhary, Haddock ve Kohli, 2015). Birçok meyve, sebze ve bitkide bulunan başlıca klorojenik asitlerden biri olan 5-O-kafeoilkinik asitin (5-CQA) yapısal, spektroskopik ve biyolojik aktivitesinin kapsamlı olarak araştırıldığı çalışmada, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Candida albicans*'a karşı minimum inhibitör konsantrasyonu (MİK) değerlerinin 5–10 mg/mL olduğu ve test edilen mikroorganizmalar arasında en güçlü antimikrobiyal aktivitenin *K. pneumoniae*'ye karşı belirlendiği raporlanmıştır (Bajko, Kalinowska, Borowski, Siergiejczyk ve Lewandowski, 2016). Bazı sentetik gıda koruyucuları veya biyositlere alternatif olarak doğal bitki bazlı antimikrobiyal bileşiklerin kullanımının tartışıldığı derlemede, pek çok bitki fenolik bileşiğinin antimikrobiyal aktivitesi değerlendirilmiş ve gıda ile temas eden yüzeylerde biyofilm kontrolü için fenolik bakımından zengin bitki özlerinin kullanımının fayda sağlayacağı vurgulanmıştır (Oulahal ve Degraeve, 2022).

Antimikrobiyal ilaçların gelişigüzel kullanımı sonucunda, son yıllarda belirli antibiyotiklere karşı dirençli patojen mikroorganizmaların ortaya çıkışı artmıştır. Bakteriyel patojenlerde antimikrobiyal direnç, yüksek morbidite ve mortalite ile ilişkilendirilmektedir. Gram-pozitif ve Gram-negatif bakterilerdeki çoklu ilaç direnci modellerinin tedavisi oldukça zordur ve geleneksel antibiyotik tedavilerini etkisiz kılmaktadır. Buchmann ve diğerleri (2022) ve Hossain ve diğerlerinin (2020) araştırmalarında geleneksel antibiyotiklerle kombinasyon halinde fenolik bileşiklerin kullanımının sinerjistik antimikrobiyal aktivitesi değerlendirilmiştir. Çalışma bulguları fenolik bileşiklerin antibiyotiklerle kombinasyonunun hem Gram-pozitif hem de Gram-

negatif bakterilere karşı antimikrobiyal etkinliği arttırdığını göstermektedir. Bu durum hastalarda potansiyel olarak gerekli antibiyotik dozunun azaltılabileceğini ve antibiyotik direnci gelişiminin en aza indirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Araştırmalar fenolik bileşiklerin, *E. coli* ve *Salmonella* türleri gibi bakterilerin yanı sıra *Aspergillus* türleri gibi küfler dahil olmak üzere çok çeşitli gıda kaynaklı patojenlerine karşı önleyici etkileri sebebiyle, gıda muhafazası için doğal koruyucu olarak kullanılabileceklerini göstermektedir. Güçlü antimikrobiyal aktiviteleri ve bitkilerde yaygın olarak bulunmaları, fenolik bileşikleri bulaşıcı hastalıklara karşı mücadelede yeni antimikrobiyal ajanların ve stratejilerin geliştirilmesi için umut verici adaylar haline getirmektedir (Pires ve diğerleri, 2018; Zambrano ve diğerleri, 2019).

## **2.7. Ayvada Bulunan Fenolik Bileşikler**

Ayvannın farklı bölümleri önemli ve farklı miktarlarda fenolik bileşik içermektedir. Ayvannın, kafeoilkinik asit türevleri ve kumaroilkinik asit türevlerini içeren otuz dört adet polifenole sahip olduğu rapor edilmiştir (Hanan ve diğerleri, 2020). Mono ve dikafeoilkinik asitlerin (3-O-kafeoilkinik, 4-O-kafeoilkinik, 5-Okafeoilkinik ve 3,5-O-dikafeoilkinik asit) varlığı ile karakterize edilen ayvannın posasında kafeoilkinik asitlerin fenolik kompozisyonun %99'unu oluşturduğu ve en bol bulunan kafeoilkinik asitin 5-O-kafeoilkinik asit (%57) (neoklorojenik asit) olduğu belirtilmiştir (Pacifico ve diğerleri, 2012). Hanan ve diğerlerinin (2020) ayvannın kompozisyonu ve tıbbi kullanımı hakkında derledikleri makalede ise ayva posasında en yüksek miktarda tespit edilen fenolik bileşiğin neoklorojenik asit olduğunu, ancak Pacifico ve diğerlerinin (2012) bulduklarından daha düşük olarak %37 oranında neoklorojenik asit içerdii raporlanmıştır. Aynı derlemede posada ayrıca kuersetin-3-O-galaktozit, kuersetin-3-O-rutinosit, kampferol-3-O-glukozit ve kampferol-3-O-rutinosit fenolik bileşiklerinin de tanımlandığı bildirilmiştir. Ancak genel olarak kuersetin ve kaempferol türevlerinin ayvada az miktarda bulunduğu, prosiyanidinler ve klorojenik asit türevlerinin ise polifenolik fraksiyonun çoğunluğunu oluşturduğu vurgulanmıştır. Bu bulguların aksine Silva ve diğerleri (2004), ayva posasında 3-O- kafeoilkinik asitin (klorojenik asit) en fazla bulunan (%46) fenolik bileşik olduğunu tespit etmişlerdir. Ayvannın %70 sulu etanol

ekstraktının fenolik profilinin incelendiği araştırmada, fenolik asitlerin %84, flavonollerin %8, flavon-3ol ve prosiyanidinlerin %8 oranında bulunduğu bildirilmiştir (Strugała ve diğerleri, 2018). Meyvelerin olgunlaşması ve olgunluk indeksi, fitokimyasal bileşiklerin bileşimini belirlemektedir. Ayva meyvesinde olgunluk indeksi arttıka fenolik bileşiklerin ve toplam çözünebilir kuru maddenin azaldığı belirtilmiştir (Al-Zughbi ve Krayem, 2022). Literatürdeki farklılıklar ekstraksiyon koşularının ötesinde meyvelerin hasat zamanı farklılıkları ile de açıklanabilir.

Ayva kabuğunda kuersetin ve p-kumarik asitle açillenmiş kaempferol türevlerinin bulunduğu, en yüksek oranda rutin (kuersetin 3-O-rutinosit) fenolik bileşenini içerdği tespit edilmiştir. Ayvanın elma ile kıyaslamalı fenolik profilinin incelendiği başka bir çalışmada ayva kabuğunda on dört adet fenolik bileşik tanımlanırken, elma kabuğunda dokuz adet fenolik bulunmuştur. Kafeik, 3-kafeoilşikimik, 3-O-kafeoilkinik ve 4-O-kafeoilkinik asitlerin sadece ayva kabuğunda saptandığı belirtilmiştir. Ayrıca ayva kabuğunun elma kabuğu ile kıyaslandığında daha yüksek miktarda klorojenik asit (kafeoilkinik asit) türevlerini ve prosiyanidin B1 içerdği raporlanmıştır (Sut, Dall'Acqua, Poloniato, Maggi ve Malagoli, 2018). Ayva kabuğunda kırmızı pigment oluşturan siyanidin-3-glukozit ve siyanidin-3,5-diglukozitin belirlenen başlıca antosiyaninler olduğu saptanmıştır (Stojanović ve diğerleri, 2017)

Ayva yaprağında en fazla bulunan fenolik bileşiğin 5-O-kafeoilkinik asit (%36,2) olduğu bunu kuersetin-3-O-rutinositin (%21,1) takip ettiği bildirilmiştir. Ayva yaprağı ve kabuğunda kampferol glikozitlerin önemli bileşenler olduğu, yaprakta ve kabukta toplam fenolik içeriğin sırasıyla %12,5 ve %4'ünün kampferol-3-O-rutinositin oluşturduğu belirtilmiştir (Oliveira ve diğerleri, 2007). Kabuk ve yaprakta yüksek oranda tespit edilen flavonollerin meyveyi UV radyasyonundan koruma ile ilişkili bir savunma mekanizması olduğu raporlanmıştır (Oliveira ve diğerleri, 2012). Meyve ve yapraklarının fenolik kompozisyon ve antioksidan aktivitesinin belirlendiği çalışmada, genel olarak yaprakların meyveden daha yüksek polifonel içerdği belirlenmiştir. Ayva yaprağının meyvesinden 4 kat daha fazla fenolik madde içerdği ve en yüksek fenolik maddenin sırasıyla ayva, kızılıık, elma, aronya, Japon ayvası, yaban mersini ve frenk üzümü yapraklarında tespit edildiği bildirilmiştir. Ayva yaprağında toplam fenoliğin %33'ünün

polimerize proantosiyandinlerin oluşturduğu raporlanmıştır (Teleszko ve Wojdyło, 2015). Oliveira ve diğerleri. (2007) ayva posasında sadece altı adet, ayva kabuğunda on üç adet ve ayva yaprağında ise dokuz adet fenolik bileşen tanımlamışlardır. Aynı çalışmada ayva yaprağının en yüksek fenolik bileşen miktarına sahip olduğu da ortaya konmuştur.

Ayva suyu fenolik bileşiklerinin antioksidan özelliği ve depolama stabilitesi üzerine yapılan bir çalışmada, ayva suyunda başlıca polifenolik grupların flavan-3-oller (polimerik prosiyanidinler) (%63) > hidrokşisinamik asitler (%36) > flavonoller (%1) olduğu belirtilmiştir. Ayva suyunda altı adet flavan-3-ol ((-)-epicatechin, (+)-catechin, prosiyanidin B2 ve C1, prosiyanidin dimerleri ve trimerleri), beş adet kafeoilkinik asit türevi, altı adet flavonol (kaempferol ve kuersetin türevi) tanımlanmıştır. Ayva suyunda yüksek prosiyanidin konsantrasyonunun meyve suyundaki acılık ve burukluk ile doğrudan ilişkili olduğu vurgulanmıştır (Wojdyło ve diğerleri, 2014a).

Ayva çekirdeğinde on bir adet fenolik bileşenin tanımlandığı, bunlardan dördünün hidrokşisinamik asit ve türevleri olduğu, diğerlerinin ise C-glikozil flavonlar (lusenin-2, visenin-2, stellarin-2, izoşaftosid, şaftosid, 6-C pentozil-8-C glukozil krizoeriol ve 6-C-glukozil-8-C-pentosil krizoeriol) olduğu raporlanmıştır (Oliveira ve diğerleri, 2007). Ayva çekirdeğinin stellarin-2 (%18) açısından zengin olduğu ancak diğer ayva bölümleri arasında en düşük fenolik içeriğe sahip olduğu bildirilmiştir (Hanan ve diğerleri, 2020). Başka bir çalışmada kafeoilkinik asitlerin, çekirdek ekstraktının belirlenen fenoliklerinin %50'sini temsil etmekte olduğu, 5-O-kafeoilkinik asitin en fazla (%20) bulunan kafeoilkinik asit türevi olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada çekirdek C-glikozit flavonların %50 oranında içerdiği ve en fazla stellarin-2'nin (yaklaşık %17) bulunduğu raporlanmıştır (Silva ve diğerleri, 2004).

## **2.8. Ayvanın İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ve Kullanım Alanları**

Ayva çok eski tarihlerden beri tıbbi özellikleri ile bilinen eşsiz bir meyvedir. Geleneksel tıpta, ayva meyvesinin öksürük tedavisinde, sistit, karın ağrısı ve kabızlığın giderilmesinde, cildin nemlendirilmesinde kullanıldığı bildirilmektedir (Pacífico ve



diğerleri, 2012). Gastrointestinal sistem üzerindeki olumlu etkinin, ayvanın yüksek lif içeriği ile ilgili olduğu, ayvanın dışkı hacmini arttırarak ve dzenli bağırsak hareketi sağlayarak kabızlık gibi rahatsızlıkları hafiflettiği belirtilmiştir. Solunum sistemi üzerindeki yatıştırıcı ve iyileştirici etkisi ise ayvanın yüksek pektin içeriğine atfedilen yapışkan yapının, boğazda koruyucu bir tabaka oluşturarak rahatlama sağlaması ve tahrişi azaltması ile ilişkilendirilmiştir (Al-Zughbi ve Krayem, 2022). Meyvenin ayrıca sinirlilik, uykusuzluk, dizanteri, rahim kanamaları, yaralar ve birçok cilt hastalığına karşı etkili olduğu bildirilmiştir. Ayva yaprağının grip, bronşit, karın ağrısı ve diyareye iyi geldiği ayrıca yatıştırıcı etkisinin de bulunduğu belirtilmiştir. Ayva çekirdeğinin ise ishal, dizanteri, kolik ve kabızlık gibi gastro intestinal sistem bozukluklarının tedavisinde kullanıldığı raporlanmıştır (Hanan ve diğerleri, 2020; Rather ve diğerleri, 2023). Ayrıca literatürde ayva çekirdeği müsilajının yaraları iyileştirdiğini kanıtlayan çok sayıda yayının olduğu tespit edilmiştir (Darvishi, Kahrizi, Arkan, Hosseinabadi ve Nematpour, 2021; Hemmati, Kalantari, Jalali, Rezai ve Zadeh, 2012; Oran, Unal ve Gunduz, 2022).

Kardiyovasküler hastalıklar, belirli kanser tipleri ve nörodejeneratif hastalıklar dahil olmak üzere çeşitli kronik rahatsızlıklarda önemli rol oynayan oksidatif stresin azaltılmasında ayvada bulunan fenolik bileşikler ve C vitamini gibi antioksidanlar etkili olmakta ve hastalık riskini azaltmaktadır. Ayvanın kardiyovasküler sağlık için önemli bir meyve olduğu dzenli ayva tüketiminin kan basıncını ve LDL kolesterol seviyelerini dūřürmeye ve genel kalp sağlığını iyileştirmeye yardımcı olabileceği vurgulanmıştır. Bu durum meyvenin zengin potasyum içeriği ve antioksidan bileşiklerin varlığı ile açıklanmıştır (Amerizadeh, Vaseghi, Esmailian ve Asgary, 2022).

Ayva, potansiyel anti-enflamatuar özellikleriyle de bilinmektedir. Ayvada bulunan kuersetin ve kampferol gibi bazı bileşikler, artrit ve enflamatuar bağırsak hastalığı gibi iltihapla ilişkili semptomları hafifletmeye yardımcı olabilecek anti-inflamatuar etkiye sahiptir (Rather ve diğerleri, 2023). Ayvada bulunan fenolik asitler ve flavonoidler dahil olmak üzere bazı biyoaktif bileşiklerin, belirli mikroorganizmalar üzerinde statik ya da sidal etki sağlayarak mikrobiyal enfeksiyonların önlenmesi ve tedavisine katkıda bulunabileceği belirtilmiştir (Lima ve diğerleri, 2019).

Modern tıptaki ve farmakolojik kullanımları incelendiğinde ayvanın birçok çalışmaya konu olduğu görülmüştür. Ayva meyvesinin sıcak su ekstraktının, kontrol ve tedavi gruplarına ayrılan farelerin tip I alerji (atopik dermatit) üzerine etkileri incelenmiş ve özellikle %5 oranında ekstrak ile 8 hafta boyunca beslenen farelerin kontrole göre daha düşük IgE değerlerine sahip oldukları bildirilmiştir (Shinomiya, Hamauzu ve Kawahara, 2009). Başka bir çalışmada ayva meyve kabuğu fenoliklerinin, insan THP-1 hücre hattında enflamasyonu şiddetlendirdikten sonra antiinflamatuvar ve anti-alerjik özellikleri açısından incelenmiştir. Ayva meyve kabuğu ekstraktının, mast hücrelerinden Interleukin-10 ve Interleukin-6 salınımını indükleyerek sitokinler (TNF- $\alpha$ ) ve interlökinler (IL-8) gibi enflamatuvar mediatörlerin salınımını önemli ölçüde inhibe ettiği bulunmuştur (Essafi-Benkhadir ve diğerleri, 2012). Literatürdeki çalışmalar ayvanın sulu meyve ekstraktının diyabetle ilişkili komplikasyonları azalttığını ortaya koymaktadır. Oral günlük ayva ekstrakt dozunun 28 gün boyunca (80, 160 ve 240 mg/kg vücut ağırlığı), diyabetin indüklendiği erkek sıçanlardaki etkileri açlık kan şekeri ölçülerek değerlendirilmiştir. Sonuçlar, açlık kan şekerinin doza bağlı olarak önemli ölçüde azaldığını göstermiştir (Mohebbi ve diğerleri, 2019). Ayva çekirdeği müsilağının yara iyileştirici özelliğinin *in vivo* olarak araştırıldığı bir çalışmada, %10 ve %20 ayva çekirdeği müsilağı ilaveli kremle tedavi edilen grubun kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak farklı olduğu, %20 ilaveli krem ile tedavi edilen tavşanların en iyi sonuçlara sahip oldukları ve yaranın 13 günde tamamen iyileştiği bulunmuştur (Tamri, Hemmati ve Boroujerdnia, 2014).

Ayvanın gıda sanayiindeki marmelat, komposto, reçel, meyve suyu haricindeki farklı kullanım alanları incelendiğinde ayva çekirdeğinin farklı özelliklerinin bilimsel çalışmalara konu olduğu görülmüştür. Ayva çekirdeğinin %0,5 ve %0,7 oranında ilavesinin dondurmada buz kristalleri oluşumunu ve sertliğini azalttığı, pürüzsüzlüğü ve genel kabul edilebilirliği iyileştirdiği belirtilmiştir (Kurt ve Atalar, 2018). Ayrıca ayva çekirdeği müsilağının, emülsifiye edici, koyulaştırıcı ve reolojik özellikleri nedeniyle gıda ürünü formülasyonları için uygun olabileceği ve değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Rather ve diğerleri, 2023). Dokoohaki, Sekhavatizadeh ve Hosseinzadeh (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, aljinat-ayva çekirdeği müsilağı içinde kapsüllenen *Lactobacillus rhamnosus*'un sütlü tatlı işleme koşullarında korunduğu ve

gastrointestinal sisteme ulaşan kapsüllerin uygun zamanda açıldığı belirtilmiştir. Tekstil endüstrisi, ağır kimyasal madde kullanımı nedeniyle en yüksek kirleticilerin olduğu bir sanayidir. Bunun yanı sıra alerjik reaksiyonların sentetik boyalarla da ilişkilendirildiği bilinmektedir. Çevre dostu ürünlerin sentetik ürünlerle yer değiştirme anlayışının benimsenmesi (yeşil teknoloji), ayva gibi diğer meyvelerin de alternatif kullanım olanaklarını arttırmıştır. Cerempei, Mureşan, Cimpoescu, Carp-Carare ve Rambu (2016) ayva yaprağının tekstil sanayiinde doğal boya maddesi olarak kullanımını önermektedir.

## **2.9. Fenolik Bileşiklerin Biyoerişebilirliği ve Biyoyararlanımı**

Biyoerişilebilirlik sindirimden sonra bağırsağa emilim için ulaşabilen, sindirilen gıda ürününün miktarı olarak tanımlanırken, biyoyararlılık ise vücuttaki metabolik veya fizyolojik faaliyetlerde kullanılmak üzere sindirilmiş gıda matrisinden salınan besin ya da biyoaktif bileşenlerin kan plazmasında hazır halde bulunma oranı şeklinde tanımlanır (İnce, Köse ve Çağındı, 2021). Gıda ürünlerinin biyoyararlanımı ve biyoerişilebilirliği, hem *in vivo* hem de *in vitro* deneylerle ölçülebilmektedir. *In vivo* sindirim, bir besinin tüketilmesinden sonra canlıların analiz edilmesiyle, *in vitro* sindirim ise ağız, mide ve bağırsak koşullarının laboratuvar ortamında oluşturulmasıyla gerçekleştirilmektedir. Günümüzde birçok bilimsel çalışmada *in vivo* sindirim çalışmalarının yerini, bireysel farklılık, fizyolojik durum, doz ve diğer gıda bileşenlerinin sonuçları etkilemesi, deneylerde insan ve hayvan varlığına ilişkin etik kısıtlamalar sebebiyle *in vitro* sindirim simülasyon deneyleri almıştır. *In vitro* ve *in vivo* değerlendirme sonuçları arasında bazı sapmaların olduğu bilinmekle birlikte, *in vitro* sindirim daha basit, ucuz ve tekrarlanabilir olması sebebiyle tercih edilmektedir (Toktaş, 2018).

Diyetteki fenolik bileşiklerin sağlık üzerine fayda sağlayabilmesi, diğer fenoliklerle konjugasyon durumları, glikozilasyon/asilasyon derecesi, moleküler büyüklük ve çözünürlük dahil olmak üzere yapıları tarafından belirlenen emilim derecelerine bağlıdır. Ayrıca fenolik bileşiklerin biyoyararlanımı, hücre duvarı yapılarındaki değişikliklerden, hücrelerdeki glikozitlerin yerleşiminden, metabolizmadaki bireysel farklılıklardan ve fenolik bileşiklerin gıda matrisindeki bağlanmasından da etkilenebilmektedir. Genel olarak, fenolik bileşikler, suda sınırlı çözünürlük, gastrointestinal sistem ve karaciğerde

yaygın metabolize edilme ve bağırsak epiteli boyunca zayıf emilim gibi faktörler nedeniyle düşük biyoyararlanıma sahiptirler. Diyetle alınan fenolik bileşiklerin yaklaşık %5-10'unun ince bağırsaklarda emilip periferik dolaşıma girebildiği belirtilmiştir. Fenolik bileşiklerin metilasyon, sülfasyon ya da glukoronidasyonu gibi enzimatik biyotransformasyonlar sonucu meydana gelen yeni bileşiklerin, genellikle antioksidan aktivitelerinin daha düşük olduğu saptanmıştır (Balasundram ve diğerleri, 2006). Ayrıca, fenolik bileşiklerin biyoyararlanımı, bağırsak mikrobiyota bileşimi, genetik varyasyonlar ve genel sağlık durumu gibi bireysel faktörlerden de etkilendiği belirtilmiştir. Bazı bireyler, bu faktörlere bağlı olarak fenolik bileşikleri absorbe etme ve metabolize etme konusunda daha yüksek veya daha düşük yeteneğe sahip olabilmektedirler (Karakaya, 2010).

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Meyvenin temini**

Çalışmaya konu olan Eşme çeşidi Ayva meyvesi ve yaprağı Aydın ilinden 2019 yılı Ocak ayında temin edilmiştir.

##### **3.1.2. Standartlar ve çözeltiler**

Metanol, aseton, hidroklorik asit (HCl), potasyum persülfat, sodyum asetat ve asetik asit Carlo Erba'dan (Milano, İtalya) satın alınmıştır. Formik asit (%98-100) Isolab Chemicals'dan (Wertheim, Almanya) temin edilmiştir. Folin-Ciocalteu reaktifi, susuz sodyum karbonat, sodyum nitrit, sodyum hidroksit, sodyum klorür, sodyum bikarbonat ve demir (II) sülfat heptahidrat, sülfürik asit (%95-97), borik asit, amil alkol (>98), ringer tablet (1/4 kuvvetinde), kjeldahl tablet, Violet Red Bile-Lactose (VRB-L) agar, Malt Extract (ME) agar, M17 agar, Man Ragosa Sharp (MRS) agar, MRS broth ve anaerojen kavanoz Merck'ten (Darmstadt, Almanya) temin edilmiştir. Troloks (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrame tilkroman-2-karboksilik asit), 2,20-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) (ABTS), 2,4,6- insan tükürüğünden tri(2-piridinil)-1,3,5-triazin (TPTZ), sodyum fosfat dibazik, potasyum fosfat monobazik, brom kresol yeşili, metil kırmızısı, fenolftalein, pepsin (P7000), safra tuzları (B-8631),  $\alpha$ -laktoz mono hidrat ve  $\alpha$ -amilaz Sigma-Aldrich'den (Steinheim, Almanya) satın alınmıştır. Ekstraktların fenolik bileşen analizinde gallik asit (Carl Roth, Karlsruhe, Almanya), kateşin (Carl Roth, Karlsruhe, Almanya), kafeik asit (Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya), klorojenik asit (Carl Roth, Karlsruhe, Almanya), p-kumarik asit (Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya) ve kuersetin dihidrat (Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya) kullanılmıştır. 4-O-kumaroilkinik asit (HC1) eşdeğeri olarak p-kumarik asit, 4-O-kafeoilkinik asit (4-CQA, kriptomklorojenik asit), 5-O-kafeoilkinik asit (5-CQA, neoklorojenik asit) ve 3,5-dikafeoilkinik asit (3,5-diCQA) eşdeğeri olarak klorojenik asit, kuersetin-3-galaktozid (Q-Ga) ve kuersetin-3-rutinoside (Q-Ru) eşdeğeri olarak kuersetin kullanılmıştır.

### 3.1.3. Mikroorganizmalar

Çalışmada *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Enterococcus faecalis* ATCC 8213, *Micrococcus luteus* ATCC 9341, *Bacillus cereus* DSM 4312, *Escherichia coli* ATCC 35218, *E. coli* O157:H7 NCTC 12900, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium ATCC 14028, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603 suşları Bursa Teknik Üniversitesi kültür koleksiyonundan temin edilmiş, *Lactobacillus plantarum* 29 (peynir izolatu), *Lactobacillus acidophilus* LA-5® (Chr.Hansen), yoğurt starter kültürü YC-X16 (Chr.Hansen), *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans* (klinik izolatu), *Aspergillus brasiliensis* ATCC 16404 ve *Penicillium roqueforti* (peynir izolatu) ise Bursa Uludağ Üniversitesi kültür koleksiyonundan temin edilmiş ve antimikrobiyal aktivite analizlerinde kullanılmıştır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Meyveye uygulanan ön işlemler

Ayva meyvesi bol su ve fırça ile yıkanarak temizlenmiş, ardından kabuk ve çekirdek kısımları ayrılmıştır. Ayva yaprakları ve çekirdekleri bol su ile yıkanarak, filtre kağıdı üzerinde oda sıcaklığında 48 saat kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.1). Meyve suyu ve posa eldesi için katı meyve sıkacağı (Arzum, AR191) kullanılmıştır. Ardından kabuk, posa ve su  $1,0 \times 10^{-3}$  mbar vakum altında,  $-60$  °C de liyofilizatör (Teknosem, İstanbul, Türkiye)



Şekil 3.1. Ayva yaprağının kurutulması



**Şekil 3.2.** Ayva bölümlerinin liyofilizasyonu

yardımıyla kurutulmuştur (Şekil 3.2). Meyvenin tüm kurutulmuş kısımları ve yaprağı, bir kahve değirmeni kullanılarak ince toz haline getirilmiş ve kullanılıncaya kadar -20 °C'de ağzı sıkıca kapatılmış bir cam şişede saklanmıştır.

### **3.2.2. Deneme deseni**

Her bir ayva bölümünün ekstraksiyonu için Design Expert Versiyon 12 programında deneme deseni kurulmuş, kullanılan çözügen (su, aseton, metanol) ve ekstraksiyon yöntemi (maserasyon, ultras ses destekli) ve çözügen konsantrasyonu (%0 - %100) tanımlanmıştır. Denemede iki adet kategorik bir adet numerik parametre yer aldığından özel tasarım (custom design) ile optimum koşullar belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

### **3.2.3. Ekstraksiyon**

Yapılan ön denemelerde örnek:çözügen oranının 1:40 olmasına karar verilmiştir. Maserasyon ile ekstraksiyon için 0,1 g toz ayva bölümü tartılmış, 4 mL çözücü ilave sonrası oda sıcaklığında 24 saat çalkalamalı su banyosunda tutulmuştur (Alizadeh, Rahnama, Semnani ve Hajizadeh, 2013). Ultras ses destekli ekstraksiyon için ise aynı miktarda ayva bölümü tartılmış ardından 1 mL çözücü ilave edilmiştir. Karışım, oda

sıcaklığında 1 saat boyunca bir ultrason banyosunda (Daihan WiseClean® WUC-D10H, Daihan Scientific, G. Kore) tutulmuş ve falkon tüpler (15 mL) santrifüj (10 dakika, oda sıcaklığı, 4000 x g) edilmiştir. Sıvı kısım ayrı bir falkon tüpte toplanmış, ardından katı içeriğin bulunduğu tüpe, aynı konsantrasyonda taze solvent eklenmiş ve bu işlem 4 kez tekrarlanmıştır (Fattouch ve diğerleri, 2007; Stojanović ve diğerleri, 2017). Sıcaklık artışını önlemek için, ultrasonik banyo soğutmalı su sirkülatörü ile entegre edilmiştir. Parametrelerin optimizasyonunda, ekstraktların toplam fenolik madde miktarının en yüksek olduğu koşullar seçilmiştir. Önerilen ekstraksiyon koşullarında ayva bölümleri tekrar ekstrakte edilmiş ve toplam fenolik madde (TFM) miktarı, antioksidan aktivite (AA), fenolik bileşen, antimikrobiyal aktivite analizleri optimum koşullarda üretilen ekstraktlar ile yapılmıştır.

**Çizelge 3.1.** Design Expert programı deneme deseni

No	Çözgen Oranı	Çözgen Tipi	Yöntem	No	Çözgen Oranı	Çözgen Tipi	Yöntem
1	0	Aseton	Ultrasonikasyon	10	26	Aseton	Maserasyon
2	37	Aseton	Ultrasonikasyon	11	63	Aseton	Maserasyon
3	74	Aseton	Ultrasonikasyon	12	100	Aseton	Maserasyon
4	74	Aseton	Ultrasonikasyon	13	100	Aseton	Maserasyon
5	26	Metanol	Ultrasonikasyon	14	0	Metanol	Maserasyon
6	26	Metanol	Ultrasonikasyon	15	0	Metanol	Maserasyon
7	63	Metanol	Ultrasonikasyon	16	37	Metanol	Maserasyon
8	100	Metanol	Ultrasonikasyon	17	74	Metanol	Maserasyon
9	0	Aseton	Maserasyon	18	74	Metanol	Maserasyon

### 3.2.4. Toplam fenolik madde (TFM) miktarı

Elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde miktarı Müller, Gnoyke, Popken ve Böhm (2010) yöntemine göre 96 kuyucuklu mikroplakalarda gerçekleştirilmiştir. Geleneksel yöntem ile mikroplaka yönteminin kıyaslandığı bir çalışmada, iki yöntem arasında istatistiksel farkın olmadığı ve mikroplaka yöntemi ile toplam fenol analizinin kaynak ve zaman tasarrufu sağladığı vurgulanmıştır (Bobo-García ve diğerleri, 2015). Buna göre 20 µL ekstrakt kuyucuklara aktarılmış, ardından 1:10 (0,2N) oranında dilüe edilmiş Folin-Ciocalteu reaktifi 100 µL olarak eklenmiş ve 5 dakika karıştırılmıştır. Karışımın üzerine 75 µL sodyum karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) çözeltisi (75 g/L) eklenmiş ve 2 saat boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda absorbans değerleri, 740 nm dalga boyunda



mikroplaka okuyucuda (Epoch, Biotek) belirlenmiştir. Gallik asit (10-100 ppm) standart eğrisi oluşturulmuş ve sonuçlar mg GAE/ g kuru ayva bölümü olarak verilmiştir.

### **3.2.5. Ekstraktların HPLC ile fenolik bileşen analizi**

Ekstraktların fenolik bileşen karakterizasyon analizleri için yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılarak hizmet alımıyla belirlenmiştir (Silva, Andrade, Seabra ve Ferreira, 2001). Shimadzu LC-20A HPLC sistemi (Kyoto, Japonya), ikili pompa (LC-20AT), UV-Vis fotodiyot dizisi dedektörü (SPD-M20A), gaz giderici (DGU-20A) ve kolon fırınından (CTO-10AS) oluşmaktadır. Öncelikle, ayva ekstraktları santrifüjlenmiş, seyreltilmiş ve HPLC analizlerinden önce 0,45 µm filtre (Merck Millipore, Darmstadt, Germany) kullanılarak süzülmüştür. Analizler, ACE-3 C18 ters fazlı kolon (150x4.6 mm; 3 µm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. HPLC-DAD (Shimadzu, SPD-M20, Kyoto, Japonya)'de örneklerin enjeksiyon hacmi 20 µL olarak verilmiştir. Kolon sıcaklığı 30 °C'de sabit tutulmuştur. Kromatogramlar 320 ve 360 nm'de kaydedilmiştir. Ayırma, çözücü A (su içinde %5 formik asit) ve çözücü B'den (metanol) oluşan bir mobil faz ile 0,8 mL/dk gradyan koşulu altında (1. dakikada %5 B, 2. dakikada %15 B, 9. dakikada %25 B, 17. dakikada %30 B, 24. dakikada %35 B, 26. ve 28. dakikada %45 B, 30. dakikada %50 B, 32. dakikada %55 B, 34. dakikada %70 B, 38. dakikada %75 B, 40. dakikada %80 B) gerçekleştirildi. Tüm mobil fazlar 0.45 µm Millipore filtre kullanılarak filtrelenmiş ve ultrasonik banyoda gazdan arındırılmıştır. Sonuçlar µg/g numune olarak ifade edilmiştir. Verileri analiz etmek için sıvı kromatografisi (LC) çözüm yazılımı kullanılmıştır. Fenolik karakterizasyon için standartlar (gallik asit, kateşin, klorojenik asit, kafeik asit, p-kumarik asit, kuersetin) ve literatür çalışmaları kullanılmıştır. Tüm analizler iki paralel olarak yapılmıştır.

### **3.2.6. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi**

#### **3.2.6.1. DPPH yöntemi**

DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radikal çözeltisi, metanol içerisinde 0.20 mmol/L olarak hazırlanmıştır. Mikro plaka kuyucuklarına, 150 µL hazırlanmış DPPH çözeltisi ve 50 µL ekstrakt ilave edilmiş ve 60 saniye çalkalanmıştır. Karanlıkta oda sıcaklığında 30

dakika inkübasyon sonrasında, mikropilaka okuyucu (Epoch; Bio-Tek Instruments, Winooski, Vermont, ABD) kullanılarak 515 nm de absorban değerleri ölçülmüştür. Troloks standart eğrisi için, metanol içinde 10–250 µmol/L arasında hazırlanmış troloks çözeltisi absorban değerlerine karşılık konsantrasyon grafiği elde edilmiştir. Sonuçlar, numunenin g kuru ağırlığı başına mmol eşdeğer troloks olarak verilmiştir (Yang ve diğerleri, 2020). Çalışma çözeltisi, taze olarak analiz öncesinde hazırlanmıştır.

### **3.2.6.2. ABTS yöntemi**

ABTS<sup>•+</sup> (2,20-azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) analizinde, eşit hacimlerde ultra saf su ile hazırlanan ABTS (7 mmol/L) ve K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (2,45 mmol/L, nihai konsantrasyon) çözeltileri oda sıcaklığında 12-16 saat karanlıkta inkübe edilmiştir. Çalışma çözeltisi, absorban değeri 0,70 ± 0.02 olacak şekilde %50 etanol ile seyreltilmiştir. Ekstrakt (50 µL) kuyucuklarda bulunan 150 µL taze ABTS<sup>•+</sup> solüsyonu ile karıştırılmıştır. Karanlıkta 6 dakika bekletildikten sonra absorban değerleri 734 nm de ölçülmüştür. Etanol içinde hazırlanmış troloks stok solüsyonu (1 mM) seyreltilerek 10-250 µM arasındaki troloks konsantrasyonuna karşılık absorban değerleri grafiği elde edilmiştir (Yang ve diğerleri, 2020). Sonuçlar, numunenin g kuru ağırlığı başına mmol eşdeğer troloks olarak verilmiştir.

### **3.2.6.3. FRAP yöntemi**

Çalışma çözeltisi, 10:1:1 hacimde sırasıyla 300 mM asetat tamponu (pH 3,6), 40 mM HCl ile çözündürülmüş 10 mM TPTZ ve suda 20 mM FeCl<sub>3</sub> karıştırılarak hazırlanmıştır. Taze FRAP çözeltisi kullanımdan önce 37 °C'de 10 dakika beklemeye bırakılmıştır. 150 µL FRAP çözeltisine 50 µL ekstrakt ilave edilmiştir. Karışım 30 dakika 37 °C'de inkübe edilmiş ve absorban değerleri 593 nm'de okunmuştur. Kalibrasyon eğrisi çözeltisi için, ultra saf suyla hazırlanmış 5 mM FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O stok çözeltisi seyreltilerek (10-350 µM) elde edilmiştir (Al-Duais, Müller, Böhm ve Jetschke, 2009). Sonuçlar, örneğin g kuru ağırlığı başına mmol Fe<sup>+2</sup> olarak verilmiştir.

### 3.2.7. Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi

Antimikrobiyel aktivite analizi için öncelikle ayvanın farklı kısımlarına ait ekstraktların stok çözeltileri hazırlanmıştır. Daha sonra sıvı mikrodilüsyon yöntemi ve agar kuyucuk difüzyon yöntemi olmak üzere 2 farklı yöntem ile antimikrobiyel aktivite belirlenmiştir. Antimikrobiyel aktivite ile ilgili koşullar Çizelge 3.2’de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Çalışmada kullanılan antimikrobiyal aktivite analiz yöntemleri için deneysel koşullar

Metot	Mikroorganizma	Besiyeri	Son İnokulum (KOB/mL)	İnkübasyon Sıcaklığı (°C)	İnkübasyon Süresi (sa)
Sıvı Mikrodilüsyon	Patojen bakteriler	MHB	$5,0 \times 10^5$	37	24
	<i>L. plantarum</i> 29	MRS broth	$5,0 \times 10^5$	30	48
	<i>L. acidophilus</i>	MRS broth	$5,0 \times 10^5$	37	48
	Yoğurt bakterileri	MRS broth	$5,0 \times 10^5$	42	48
	Küf	MEB	$5,0 \times 10^4$	28	72
	Maya	MEB	$0,5-2,5 \times 10^3$	28	48
Agar Kuyucuk Difüzyon	Patojen bakteriler	MHA	$1,0-2,0 \times 10^8$	37	24
	<i>L. plantarum</i> 29	MRS-Agar	$1,0-2,0 \times 10^8$	30	48-72
	<i>L. acidophilus</i>	MRS-Agar	$1,0-2,0 \times 10^8$	37	48-72
	Yoğurt bakterileri	MRS-Agar	$1,0-2,0 \times 10^8$	42	48-72
	Küf	MEA	$1,0 \times 10^6$	28	72-96
	Maya	MEA	$1,0-5,0 \times 10^6$	28	48

#### 3.2.7.1. İnokulum ve stok çözeltilerin hazırlanması

Optimum ekstraksiyon koşullarında elde edilen ayva bölümlerine ait ekstraktların çözenleri, 40 °C’de vakumlu döner buharlaştırıcı yardımıyla uzaklaştırılmış, ardından liyofilize edilmiştir. Liyofilize ekstraktlar patojenler için Mueller Hinton Broth (MHB)’da; küf-maya için Malt Extract Broth (MEB)’da; laktik asit bakterileri için Man Ragoza Sharp (MRS) sıvı besiyerinde çözündürülmüş ve hazırlanan stok çözeltiler 0,45 µm steril membran filtre kullanılarak steril edilmiştir. Çekirdek ekstraktı stok çözeltisi jelleşme nedeniyle filtre edilemediğinden tindalizasyon yöntemi (3 gün arka arkaya 85 °C’de 45 dakika muamele) ile steril edilip, kullanılmıştır (Sood, Kaushal ve Sharma, 2020). Küf sporları eldesi için 7-14 gün geliştirilmiş küf petripleri %0,1 lik Tween 80 çözeltisi ile yıkanarak sporlar toplanmış ardından yayma plak yöntemi ile spor

süspansiyonunun küf popülasyonu belirlenmiştir. Çözeltiler mikroorganizmaya uygun olan sıvı besiyeri kullanılarak seyreltilmiş, 0,78- 100 mg/mL dozları elde edilmiştir.

### **3.2.7.2. Sıvı mikrodilüsyon yöntemi**

Minimum İnhibisyon Konsantrasyon (MİK) değerleri CLSI'nın M07-A10 ve M27-A2 referans dökümanlarına göre gerçekleştirilmiştir (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2008; 2015). Ekstraktların belirtilen dozlarda sahip olduğu bulanıklığın değerlendirilebilmesi için mikroorganizmanın bulunmadığı kuyucuklar negatif kontrol, üremenin değerlendirilebilmesi için etken maddenin bulunmayıp sadece uygun besiyeri ve mikroorganizmanın bulunduğu kuyucuklar üreme kontrol ve sadece besiyerinin bulunduğu kuyucuklar sterilite kuyucuğu olarak değerlendirilmiştir. İnkübasyon sonrasında, mikro plakalardaki kuyucukların absorbans değerleri 600 nm'de mikro plaka okuyucuda (Epoch-2, Bio-Tek Instruments Inc., Winooski, USA) okunmuştur. Mikroorganizma gelişimini üreme kontrol kuyucuklarına göre %90 oranında inhibe eden doz MİK olarak belirlenmiştir. MİK dozu ve daha yüksek konsantrasyondaki kuyucuklardan 10 µL alınıp, test edilen mikroorganizmaya uygun agar yüzeyine aktarılmıştır. Üremenin olmadığı doz Minimum Bakterisidal Konsantrasyon (MBK) ya da Minimum Fungisidal Konsantrasyon (MFK) olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.2).

### **3.2.7.3. Agar kuyucuk difüzyon yöntemi**

Agar kuyucuk difüzyon analizi için, uygun katı besiyerine 100 µL inokulum aktarılmış ve yayılmıştır. Ardından 7 mm çapında kuyucuklar açılmış ve 50 µL (50 mg/mL) ekstrakt kuyucuklara aktarılmıştır. İnkübasyon sonrası berrak zon çapları dijital kumpas yardımıyla mm olarak ölçülmüştür (Denev ve diğerleri, 2014).

### **3.2.8. *In vitro* gastrik simülasyon**

Ayva bölümleri Lingua, Theumer, Kruzynski, Wunderlin ve Baroninin (2019) yönteminde belirtildiği gibi üç ardışık faz (ağız, mide ve diyaliz dahil ince bağırsak) ile *in vitro* sindirim simülasyonuna tabi tutulmuştur. Liyofilize ayva bölümleri (1g) ayrı ayrı 5 mL saf su ile homojenize edilmiş ardından 2 mL tükürük solüsyonu (2,38 g Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>,

0,19 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 8 g NaCl ve 200 U/L α-amilaz) ile karıştırılmıştır. Karışım 37±2 °C'deki su banyosunda 150 rpm'de 10 dakika çalkalanmıştır. Amilaz etkisini durdurmak için karışımın pH değeri, 1,5 M HCl ile 2'ye ayarlanmıştır. Pepsin solüsyonu (1 mL) (0,1 M HCl içinde 40 mg/mL), oral sindirimden elde edilen karışıma ilave edilmiş ve 2 saat süreyle 37 °C'de çalkalamalı su banyosuna (150 rpm) yerleştirilmiştir. Daha sonra mide sindirim karışımının pH değeri, 1,5 M NaOH ile 7,5'a ayarlanmış ve 3 mL pankreatin-safra solüsyonu (0,1 M sodyum bikarbonat içinde 5 mg/mL pankreatin ve 25 mg/mL safra tuzları) ile karıştırılmıştır. Karışım 37 °C'de çalkalamalı su banyosunda 2 saat inkübasyondan sonra, diyaliz torbası (10 kDa'lı zar; 10 cm) içerisine aktarılmıştır. Daha sonra 20 mL 0,1 M NaHCO<sub>3</sub> (pH 7,5) içeren cam beher içerisine diyaliz torbası tamamen daldırılarak 37 °C'de 2 saat diyaliz işlemine bırakılmıştır. Diyaliz edilemeyen (diyaliz torbasının içinde) ve diyaliz edilebilir fraksiyon (diyaliz torbasının dışında) ayrı ayrı toplanmıştır (Şekil 3.3). Çalkalama işlemi sırasında karışımlar ışıktan korunmuştur. Her bir ayva bölümüne ait ağız, mide ve diyalize edilemeyen sindirim sıvıları +4 °C'de 10 dakika 9000 g'de santrifüjlenmiştir. Diyaliz edilemeyen ve edilebilir fraksiyonlar, formik asit ile pH 2'ye düşürülmüş ve sindirilen tüm ürünler, analize kadar -20 °C'de saklanmıştır (Şekil 3.4). Kör deneme için ayva bölümü yerine aynı miktarda su kullanılmıştır. Biyoyararlılık aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (3.1) (Dutra ve diğerleri, 2017).

$$\text{Biyoyararlılık (\%)} = \frac{\text{Dialize edilebilir fraksiyon TFM}}{\text{Dialize edilemeyen fraksiyon TFM}} \times 100 \quad (3.1)$$

### **3.2.8.1. Toplam fenolik madde miktarı**

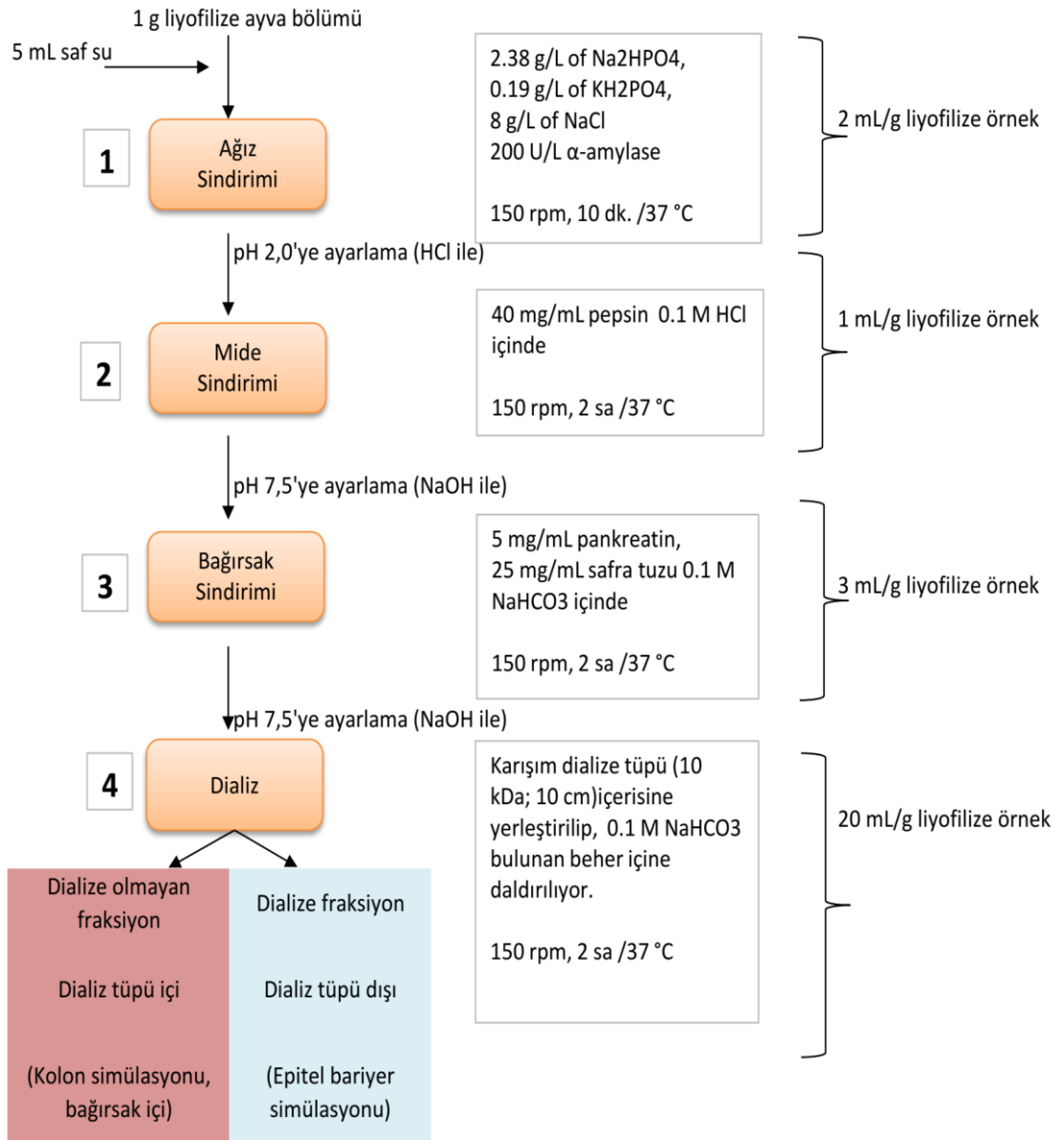
Her bir ayva bölümü için her bir sindirim aşamasında alınan sıvıların TFM miktarı 3.2.4'deki gibi belirlenmiştir.

### **3.2.8.2. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi**

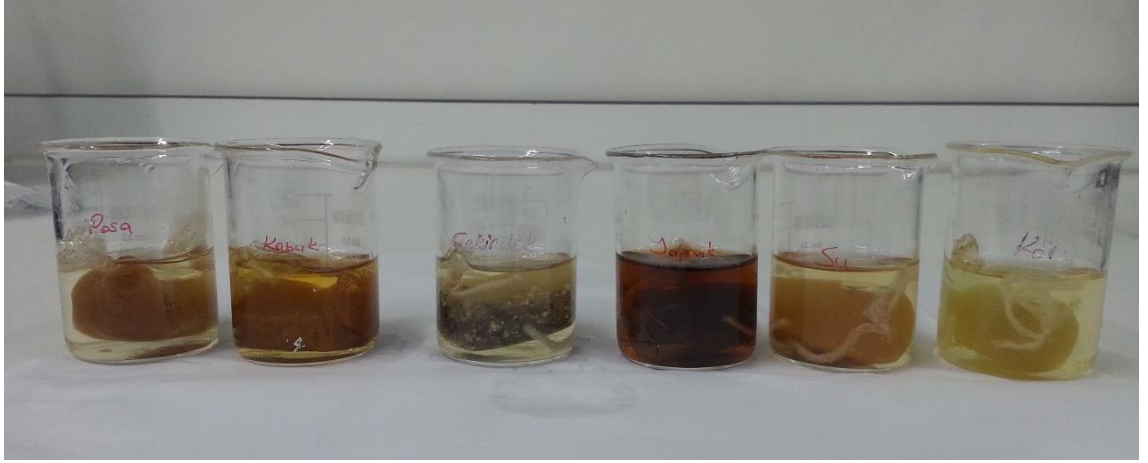
Her bir ayva bölümü için her bir sindirim aşamasında alınan sıvıların AA değerleri 3.2.6'deki gibi belirlenmiştir.

### 3.2.8.3. Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi

Mikrobiyolojik analiz için, her bir ayva bölümüne ait diyaliz edilemeyen fraksiyonu, pH 2'ye ayarlanmadan, hemen -80 °C'de dondurulmuş ve enzimatik reaksiyonu durdurulmuştur. Daha sonra fraksiyon liyofilize edilmiş ve analize alınıncaya kadar -20 °C'de saklanmıştır. Antimikrobiyal aktivite analizleri 3.2.7'deki gibi belirlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.3. *In vitro* gastrik simülasyon (Lingua ve diğerleri, 2019)



**Şekil 3.4.** Ayva bölümlerinin *in vitro* sindirim simülasyonu



**Şekil 3.5.** Diyalize olmayan fraksiyonun liyofilizasyonu ve 96 kuyucuklu plakada antimikrobiyal analizleri

### 3.2.9. Ayva kabuğu katkıli probiyotik yoğurt üretimi

Ayva yaprağının yüksek toplam fenolik içerik, antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteye sahip olmasına rağmen genotoksik analizlerle etki dozu tez kapsamında yer almadığından, probiyotik yoğurt üretiminde sadece ayva kabuğu kullanımına karar verilmiştir. Kullanılan ayva kabuğunun mikrobiyolojik analiz sonuçları ve renk değerleri Çizelge 3.3’de verilmiştir. Bu amaçla ön denemelerle belirlenen %1, %2 ve %3 ayva

kabuğu dozları kullanılarak *L. acidophilus* LA-5® (Chr.Hansen) ticari probiyotik kültürü içeren ve içermeyen yoğurtların üretimi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.5). Ticari olarak satın alınan pastörize sütün kompozisyon değerleri Çizelge 3.4’de verilmiştir. 8,5 L pastörize süt 87±2 °C de 5 dakika tekrar pastörize edilmiştir. Burada yüksek sıcaklıkta pastörizasyon ile yoğurt yapısını iyileştirmek amaçlanmıştır. Ardından süt 43 °C ye soğutulmuş ve 8 eşit hacme bölünmüştür. Yoğurt starter kültürleri (Chr.Hansen, YCX-16) ve *L. acidophilus* LA-5® (Chr.Hansen) ayrı ayrı (%1 a/h) yağsız UHT süte ilave edilerek 30 dakika 41 °C’de inkübasyona bırakılmış ve bulk (son) kültür elde edilmiştir. Hazırlanan bulk kültürler %3 (h/h) oranında ilave edilmiştir. Kültürlü sütler 100 mL’lik steril numune kaplarına aktarılmıştır. Ayva kabuğu tozu kullanım öncesinde steril petrilere konulmuş 1 saat UV sterilizasyona bırakılmıştır (Şekil 3.6). Kültürlü sütlerin içerisine ayva kabuğu tozları ilave edilmiş ve ürünler 41±1 °C inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon 4,55±0,05 pH değerinde sonlandırılmıştır. Ürünler buzlu soğuk su banyosu içerisinde 15 °C ye soğutulmuş ve pıhtısı kırılmıştır (Wang, Kristo ve LaPointe, 2020). Yoğurtlar +4 °C de buzdolabında 28 gün boyunca depolanmıştır (Şekil 3.7 ve Şekil 3.8).

**Çizelge 3.3.** Ayva kabuğu tozunun mikrobiyolojik ve renk analiz sonuçları

Parametre	Ayva kabuğu tozu
Koliform (Log kob/g)	<1,0
Küf (Log kob/g)	<2,0
Maya (Log kob/g)	<2,0
TAMB (Log kob/g)	2,31 ±0,38
<i>L</i> *	42,62 ± 1,10
<i>a</i> *	5,87 ± 0,33
<i>b</i> *	11,68 ± 0,96

TAMB: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısı

**Çizelge 3.4.** Yoğurt üretiminde kullanılan pastörize sütün kompozisyon değerleri

Ürün	Kuru madde (g/100g)	Yağ (g/100 mL)	Protein (g/100g)	Kül (g/100g)
Pastörize süt	11,54 ± 0,03	2,8 ± 0,2	2,89 ± 0,01	0,68 ± 0,01





**Şekil 3.6.** Ayva kabuğunun UV sterilizasyonu

### **3.2.10. Yoğurtlarda yapılan analizler**

#### **3.2.10.1. İnkübasyon takibi**

Ürünlerin inkübasyon başlangıcında ( $t_0$  anındaki) ve inkübasyon süresince analiz öncesi kalibrasyonu yapılmış masa tipi bir pH metre (OHAUS/ST3100, New Jersey, ABD) ile pH değerleri ölçülmüştür.

#### **3.2.10.2. Kuru madde analizi**

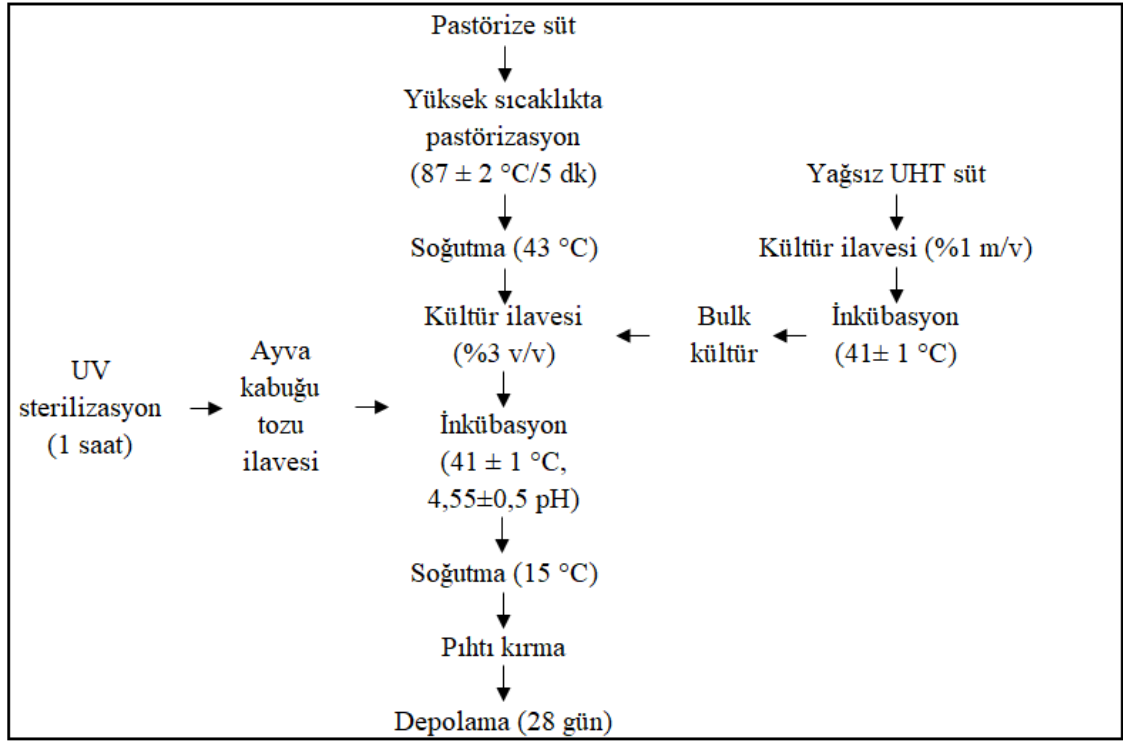
Ürünlerin kuru madde analizi için yaklaşık 5 g ürün tartılmış ve 105 °C’de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuştur. Desikatörde oda sıcaklığına soğutulan örnekler hassas terazide (Denver Instrument / TP-3002, Gottingen, Almanya) tartılmıştır (Association of Official Analytical Chemists, 1990). Kuru madde sonuçları 3.2’deki formül kullanılarak belirlenmiştir. Tüm ölçümler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$Kuru\ madde\ (\%) = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (3.2)$$

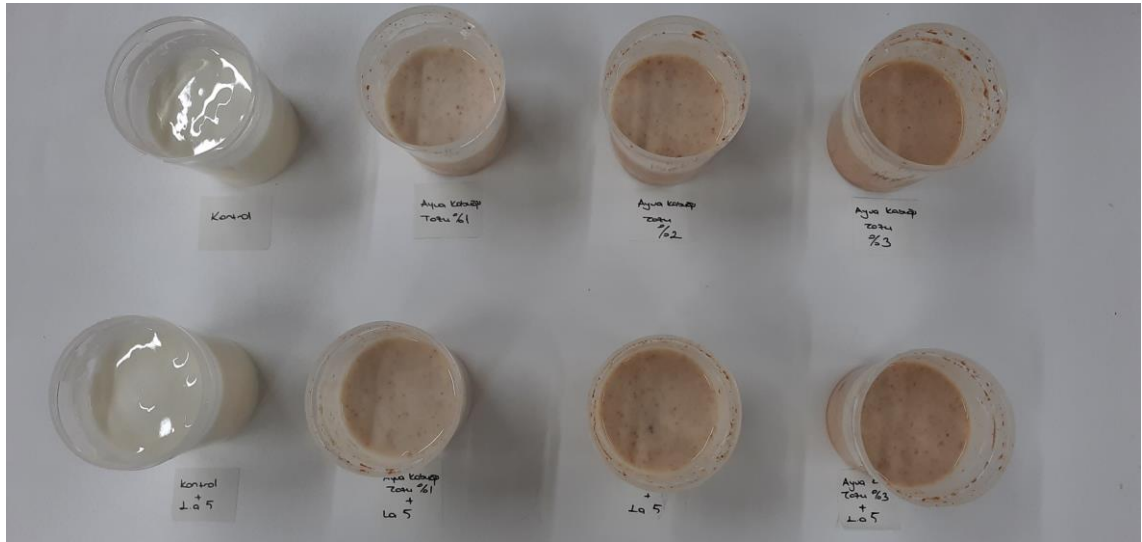
$M_1$ = Boş kurutma kabının ağırlığı (g)

$M_2$ = Örnek ile birlikte kabın ağırlığı (g)

$M_3$ = Kurutulmuş örnek ile birlikte kabın ağırlığı (g)



Şekil 3.7. Yoğurt üretim akış şeması



Şekil 3.8. Kontrol grubu ile birlikte ayva kabuğu katkılı probiyotik kültür içeren ve içermeyen yoğurtlar

**Çizelge 3.5.** Üretilen yoğurtların içerikleri

Yoğurt içeriği	Kodlama
Kontrol yoğurt (YCX-16 kültürü)	K-Y
Kontrol probiyotik yoğurt (YCX-16 ve LA5 kültürleri)	K-PY
%1 (a/h) ayva kabuklu yoğurt (YCX-16 kültürü)	%1 AK-Y
%2 (a/h) ayva kabuklu yoğurt (YCX-16 kültürü)	%2 AK-Y
%3 (a/h) ayva kabuklu yoğurt (YCX-16 kültürü)	%3 AK-Y
%1 (a/h) ayva kabuklu probiyotik yoğurt (YCX-16 ve LA5 kültürleri)	%1 AK-PY
%2 (a/h) ayva kabuklu probiyotik yoğurt (YCX-16 ve LA5 kültürleri)	%2 AK-PY
%3 (a/h) ayva kabuklu probiyotik yoğurt (YCX-16 ve LA5 kültürleri)	%3 AK-PY

### 3.2.10.3. Kül analizi

Porselen krozeler 105 °C’de etüvde kurutularak sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmıştır. Ardından krozelere yaklaşık 2 g örnek aktarılmış ve ön yakma işlemi uygulanmıştır. Daha sonra 550 °C ye ayarlı kül fırını içerisine yerleştirilmiş ve beyaz kül elde edilinceye kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Krozeler desikatörde oda sıcaklığına soğutulmuş ve tartılmıştır. Kül değerleri aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (3.3) (AOAC, 1990). Tüm ölçümler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$Kül (\%) = \frac{t_3 - t_1}{t_2 - t_1} \times 100 \quad (3.3)$$

t<sub>1</sub>= Kroze boş ağırlık (g)

t<sub>2</sub>= Örnek ile birlikte kroze ağırlığı (g)

t<sub>3</sub>= Yakma sonrası örnek ile birlikte kroze ağırlığı (g)

### 3.2.10.4. Protein tayini

Örneklerin protein değerleri Kjeldahl yöntemiyle Kjeltex azot tayin cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Yakma tüpü içerisine 5 g örnek tartılmış ve 3 adet katalizör tablet ilave edilmiştir. Ardından 15 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilmiş ve tüpler yakma cihazında kademeli sıcaklık artışı ile yakılmıştır. Yakma işlemine berrak yeşil renk elde edilinceye kadar devam edilmiş ardından soğutma ünitesine alınmıştır. Destilatın toplanacağı tarafa, 25 mL %4’lük borik asit, brom kresol yeşili ve metil kırmızısı indikatörlerinin bulunduğu çözelti bulunan 250 mL’lik erlen yerleştirilmiştir. Tüpler destilasyon ünitesine alınmış,

tüp içerisine su ve %40'lık NaOH ilavesi otomatik olarak yapılmıştır. Erlen içerisinde toplanan destilat 0,1 N HCl ile titre edilerek mor-menekşe renk dönüşümündeki sarfiyat kaydedilmiştir. Kör deneme için aynı miktarda su örneği kullanılmıştır. Örneklerin azot değeri aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (3.4). Bulunan azot değerleri 6,25 faktörü ile çarpılmış ve protein değerleri hesaplanmıştır (AOAC, 2005). Tüm ölçümler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Azot miktarı (\%)} = \frac{(S - S_{\text{kör}}) \times F \times 0.0014 \times 100}{m} \quad (3.4)$$

S = Sarfiyat hacmi (mL)

$S_{\text{kör}}$  = Kör için harcanan sarfiyat hacmi (mL)

F = Faktör

m = Örnek miktarı (g)

### 3.2.10.5. Yağ tayini

Yoğurtların yağ tayini Gerber yöntemi ile belirlenmiştir. Gerber süt bütirometrelerinin içerisinde 10 mL sülfürik asit (%90'lık) aktarılmış ve üzerine 1:1 oranında seyreltilmiş örneklerden 11 mL ilave edilmiştir. Son olarak 1 mL amil alkol (%98 a/a) aktarılıp bütirometre tıkaçları kapatılmıştır. Oluşan pıhtı çözününceye kadar alt üst edilmiş ve gerber santrifüjüne yerleştirilmiştir. Bütirometreler 1200 rpm'de 69°C'de 5 dakika santrifüjlendikten sonra okunan değer 2 ile çarpılmış ve sonuç verilmiştir (AOAC, 1990). Tüm ölçümler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.10.6. Duyusal analiz

Yoğurtların duyusal değerlendirmesi raf ömrünün 3. gününde Bursa Teknik Üniversitesi öğretim üyeleri ve lisansüstü öğrencilerinden oluşan on dört kişilik panelist (yaş aralığı 19-50, 9 kadın, 5 erkek) tarafından yapılmıştır. Duyusal analiz renk, koku, tat, kıvam ve tüm izlenim olarak ve 9 puanlık hedonik skala kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Issar, Sharma ve Gupta, 2017). Duyusal analiz değerlendirmesinde kullanılan form Şekil 3.9' da verilmiştir.

### 3.2.10.7. Depolama analizleri

Yoğurtların raf ömrü boyunca 1. 14. ve 28. günlerinde pH, asitlik (%laktik asit cinsinden), sinerezis, renk, tekstür, reoloji, TFM miktarı, AA ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır.

#### 3.2.10.7.1. pH

Örneklerin pH değerleri masa tipi pH metre (OHAUS/ST3100, New Jersey, ABD) ile belirlenmiştir. Tüm ölçümler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.10.7.2. Asitlik (% Laktik asit cinsinden)

Örneklerin asitlik değerleri için erlen içerisine 10 g örnek tartılmış ve 10 mL saf su ilave edilmiştir. Ardından %2'lik fenolftalein indikatörü damlatılmış, 0,1 N NaOH ile kalıcı açık pembe renk elde edilinceye kadar titre edilmiştir (Yıldız ve Özcan, 2019). Sarfiyat kaydedilmiş ve aşağıdaki formül kullanılarak yoğurtların % laktik asit cinsinden asitlik değerleri belirlenmiştir (3.5). Tüm ölçümler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Asitlik (\%Laktik asit)} = \frac{S \times 0,09 \times F}{m} \quad (3.5)$$

S = Sarfiyat hacmi (mL)

F = Faktör

m = Örnek miktarı (g)

### 9 PUANLIK HEDONİK SKALA

Ürün: Yoğurt

Panelistin cinsiyeti ve yaşı:

Tarih:

Örnekler arasında geçiş yaparken ağzını suyla çalkalayınız ve 30 sn bekleyiniz. Tadım yaptığınız bu 8 örneği belirtilen özellikler açısından değerlendirerek aşağıdaki skalaya göre puanlayınız. (Her örneğe puan veriniz.)

Ürünler	Renk	Kıvam	Koku	Tat	Tüm izlenim
249					
158					
736					
124					
378					
967					
461					
872					

Hangi ürünü satın alırdınız? .....

								
1:	2:	3:	4:	5:	6:	7:	8:	9:
Berbat	Çok Kötü	Kötü	Biraz Kötü	Ne iyi Ne Kötü	Biraz iyi	İyi	Çok iyi	Mükemmel

Şekil 3.9. Duyusal değerlendirme formu

#### 3.2.10.7.3. Sinerezis

Sinerezis analizi Wang ve diğerleri (2020)'nin yöntemi modifiye edilerek yapılmıştır. Kullanılacak falkon tüpün darası alınmış ve içine 5 g örnek tartılmış, 220 g (1520 rpm)' de 10 dakika boyunca 4 °C de santrifüj edilmiş ve süpernatant atılmış ve tekrar tartım alınmıştır. Sinerezis değerleri (%) aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir (3.6). Tüm ölçümler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\%Sinerezis = \frac{M2-M3}{M2-M1} \quad (3.6)$$

M1= Falkon tüpün ağırlığı

M2= Santrifüj ncesi yoğurt ilaveli falkon tüpün ağırlığı

M3= Santrifüj sonrasında serumun atılması sonrasındaki falkon tüpün ağırlığı

#### **3.2.10.7.4. Renk**

Yoğurtların renk özellikleri kolorimetre (PCE Instruments, CSM3, Türkiye) ile analiz edilmiştir. Kolorimetre cihazının siyah ve beyaz kalibrasyonları yapılmış ardından  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$   $C$  ve  $h^\circ$  değerleri 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir (Vela, Villanueva, Ozturk, Hamaker ve Ronda, 2023).

#### **3.2.10.7.5. Tekstür**

Yoğurtların tekstür analizleri 25 kg'lık yükleme hücresi ile kalibre edilmiş TA.HD plus tekstür cihazı (Stable Micro Systems, Godalming, İngiltere) kullanılarak geri ekstrüzyon (back extrusion) (disk 35 mm, hız 1 mm/s, sıkıştırma %60) yöntemi ile belirlenmiştir (Wang ve diğerleri, 2020). Analiz sonucunda sertlik, kıvam, yapışkanlık ve viskozite indeksi değerleri elde edilmiştir. Analiz 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

#### **3.2.10.7.6. Reolojik lmler**

Reoloji analizleri için Physica MCR 302 reometre (Anton Paar GmbH, Graz, Avusturya) ile PP25 paralel plakalı (0,5 mm boşluklu) prob kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler 1-100 1/s kayma hızı aralığında 4 °C de gerçekleştirilmiştir. Homojen rnek alımı için örnekler karıştırılmış ardından yapının geri kazanımı için ürün reometre yüzeyine aktarıldıktan sonra 5 dakika boyunca 4 °C'de dinlenmeye bırakılmıştır (Ramirez-Santiago ve diğerleri, 2010). Akış eğrisi Herschel Bulkley regresyon modeline göre oluşturulmuştur (3.7).

$$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n \quad (3.7)$$

Burada  $\tau$  kayma gerilimini (Pa),  $\tau_0$  akma gerilimini (Pa),  $K$  tutarlılık indeksini (Pa.s),  $\dot{\gamma}$  kayma hızını (1/s),  $n$  değerini ise akış davranış indeksini (Newton akışkanları için  $n = 1$ ,

psödoplastik akışkanlar için  $n < 1$  ve dilatant akışkanlar için  $n > 1$ ) ifade etmektedir (Ramirez-Santiago ve diğerleri, 2010).

Yoğurtların viskoelastik özelliklerini belirlemek için öncelikle doğrusal bölgeyi bulmak adına genlik taraması (amplitude sweep) gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda viskoz karakteri tanımlayan kayıp modülü ( $G''$ , kayıp modülü); elastik karakteri tanımlayan depolama modülü ( $G'$ , depolama modülü) elde edilmiştir. Tüm reolojik ölçümler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır (Ramirez-Santiago ve diğerleri, 2010).

#### **3.2.10.7.7. Toplam fenolik madde (TFM) miktarı**

Yoğurtlarda TFM miktarı ve AA'nın belirlenmesi için ekstraksiyon koşulları Öztürk ve diğerlerinin (2018) yöntemine göre belirlenmiştir. 5 g yoğurt örneği 25 mL %75'lik metanol : su çözeltisi ile karıştırılmış ve ultratoraksta homojenize edilmiştir. Ardından örnekler 7200 rpm'de 10 dakika boyunca 4 °C'de santrifüj edilmiştir. Elde edilen supernatant süzölmüş ve analize alınmıştır. TFM miktarı 3.2.4'teki gibi belirlenmiştir.

#### **3.2.10.7.8. Antioksidan aktivite**

Yoğurtların antioksidan aktivite değerleri DPPH, ABTS ve FRAP yöntemleriyle sırasıyla 3.2.6.1, 3.2.6.2, 3.2.6.3'teki gibi belirlenmiştir.

#### **3.2.10.7.9. Mikrobiyolojik analizler**

Yoğurtların mikrobiyolojik analizi için 10 g örnek steril filtreli stomacher torbasına tartılmış ardından 90 g  $\frac{1}{4}$  kuvvetindeki ringer çözeltisi ilave edilmiş ve stomacherda (IUL/DQ400, Barselona, İspanya) 60 s homojenize edilmiştir. Uygun seri dilüsyonları hazırlanan örneklerin mikrobiyolojik ekimleri 3 paralel olacak şekilde yapılmıştır.

Koliform sayımı Violet Red Bile-Lactose (VRB-L) agara çift katlı dökme plak tekniği uygulanarak gerçekleştirilmiştir. 37 °C'de 24 saat inkübasyon sonrası, kırmızı renkteki koloniler sayılmıştır (El-kholy, Bisar ve Amer, 2023).



Küf-maya sayımı yayma plak tekniğine uygun olarak Malt Extract (ME) agarda 28 °C’de 5-7 gün inkübasyon koşulunda yapılmıştır (Özkan ve diğerleri, 2021).

Yoğurt başlangıç kültürlerinden *Streptococcus thermophilus* sayımı için %5 (h/h) laktozlu M17 agar kullanılmış, ekim dökme plak tekniğine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Petriler 37 °C’de 48 saat aerobik ortamda inkübe edilmiş ve koloniler sayılmıştır (Gebara, Ribeiro, Chaves, Gandara ve Gigante, 2015).

Diğer bir başlangıç kültürü olan *Lactobacillus bulgaricus* sayımı 42 °C’de 72 saat anaerobik ortamda Man Rogosa Sharp (MRS) agarda yapılmıştır (Gebara ve diğerleri, 2015).

*Lactobacillus acidophilus* LA-5 sayımı için ise %10 (a/h) safra tuzu katkılı MRS agar kullanılmıştır. İnkübasyon 37 °C’de 72 saat aerobik ortamda gerçekleştirilmiştir (Gebara ve diğerleri, 2015).

### **3.2.11. İstatistiksel analiz**

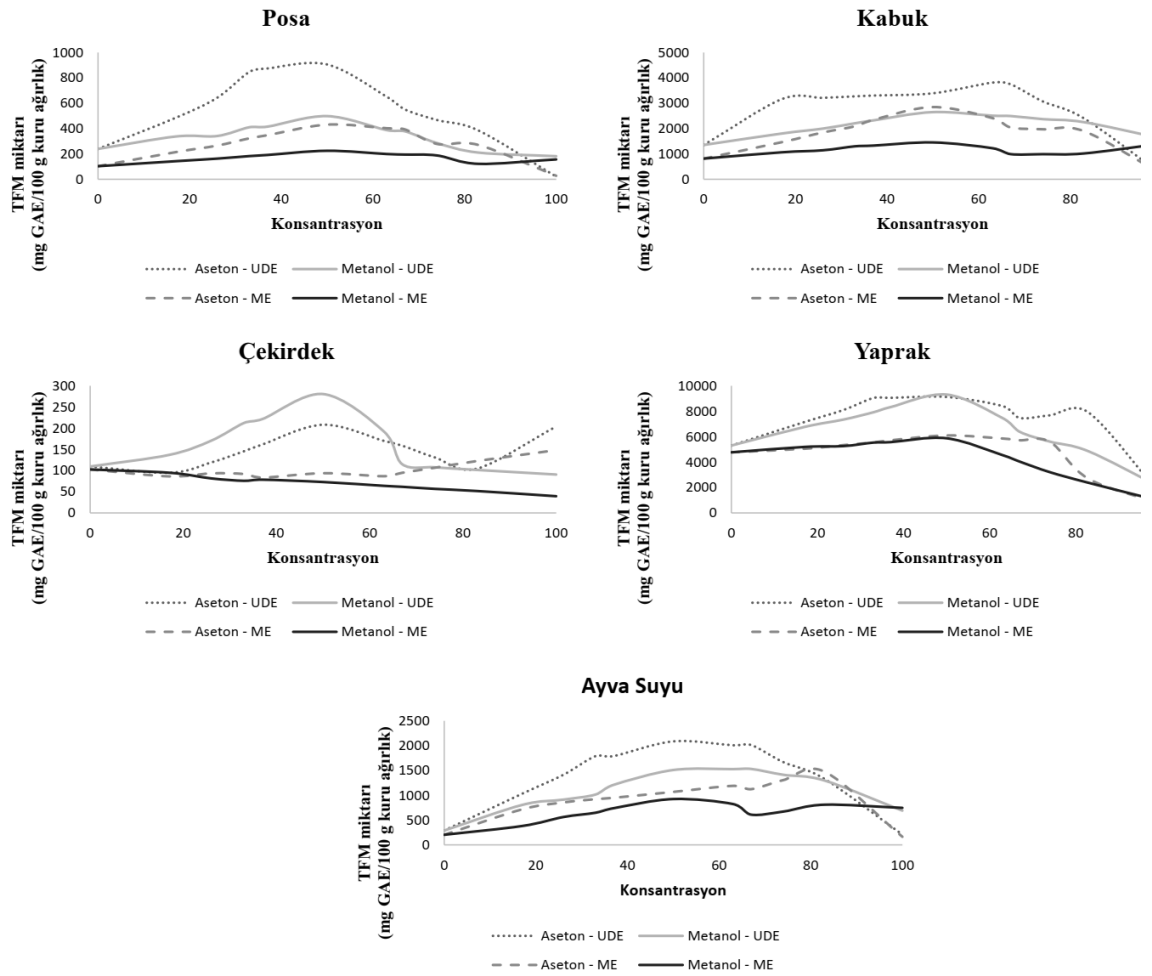
Elde edilen verilerin istatistiksel analizinde IBM SPSS versiyon 22 programı kullanılmıştır. Öncelikle veri setlerinin normallik dağılımı Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiş, ardından uygun istatistik yöntemi (parametrik veri setlerinde - ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri, parametrik olmayan veri setlerinde- Kruskal Wallis ve Mann Whitney U testleri) %95 güven aralığında uygulanmıştır. Depolama boyunca tekrarlanan ölçümler ANOVA (Bonferroni) testi ile değerlendirilmiştir.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Ekstraksiyon Koşullarının Toplam Fenolik Madde (TFM) Miktarı Üzerine Etkisi

Fenolik bileşiklerin ekstraksiyon veriminin seçilen ekstraksiyon metodu, zaman, sıcaklık, çözgen:katı oranı, çözgen çeşidi ve oranı gibi birçok faktörden etkilendiği bilinmektedir. Yapılan çalışmada her bir ayva bölümünün en yüksek TFM miktarına sahip ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi için Design Expert (optimal-özel tasarım) programı kullanılmıştır. Ayvanın farklı bölümlerine ait ekstraksiyon koşullarının TFM miktarı üzerindeki etkisi Şekil 4.1'de verilmiştir. Sonuçlara göre TFM miktarının ayva bölümlerine, ekstraksiyon yöntemine, çözücü çeşidine ve oranına bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Ultrason destekli ekstraksiyonun (UDE), çözgen çeşidi (su, aseton veya metanol) ve oranına (%0-100) bakılmaksızın tüm ayva bölümleri için maserasyona kıyasla daha etkili bir yöntem olduğu belirlenmiştir. Oroian, Dranca ve Ursachi (2020) propolisten fenolik madde ekstraksiyonunda maserasyon, mikrodalga destekli (MDE) ve UDE yöntemlerini kullanmış ve en yüksek fenolik madde veriminin UDE'de alındığını belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar mango kabuğu (Kaur, Panesar ve Anal, 2022), mandalina kabuğu (Nipornram ve diğerleri, 2018), yabanmersini (Bamba ve diğerleri, 2018), zeytin (Deng ve diğerleri, 2017) fenolik ekstraksiyon çalışmalarında da alınmıştır. Yapılan çalışmalarda UDE'de fenolik bileşiklerin çözünürlüğünü artıran ve ortama daha fazla salınımını sağlayan kavitasyon ve mikro akış akımlarının varlığının polifenollerini geri kazanma konusunda daha etkili olduğu vurgulanmıştır.

Çalışmada çekirdek hariç tüm ayva bölümlerine ait aseton ekstraktlarının metanol ekstraktlarına kıyasla daha yüksek oranda TFM içerdiği tespit edilmiştir. Benzer bir gözlem ayva kabuğu ve posasından optimum fenolik ekstraksiyonu için yapılan çalışmada da görülmüştür (Stojanović ve diğerleri, 2017). Literatürde bazı çözgenlerin bazı fenolik maddeleri özütlemeye daha iyi olması çözgenlerin polaritelerindeki farklılık ile ilişkilendirilmiştir. Molekül ağırlığı yüksek olan çözgenin polaritesinin daha düşük olduğu ve çözgen ile benzer molekül ağırlığına sahip bileşiklerin bu çözgen içerisinde daha kolay çözüldüğü vurgulanmıştır. Su, metanol ve asetonun polaritelerinin sırasıyla



**Şekil 4.1.** Ayva bölümlerinin farklı ekstraksiyon yöntemi (ultrason destekli (UDE), maserasyon (ME)) ve farklı çözgen oranlarında (%0-100) elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde (TFM) miktarları (mg Gallik Asit Eşleniği (GAE)/100 g kuru meyve ağırlığı)

1; 0,762 ve 0,355 olduğu ve asetonun birçok organik çözücü içerisinde en düşük polariteye sahip olması ile yüksek moleküler ağırlıklı bileşikleri çözmede daha etkin olduğu bildirilmiştir (Mokrani ve Madani, 2016). Martínez-Ramos ve diğerleri (2020) asetonun bazı fenolikleri çözmedeki başarısını tanenler, proantosiyanidinler ve flavanoller gibi protonlanabilir fonksiyonel gruplara sahip bileşikler daha iyi çözebilmesi ile açıklamıştır. Ayvada bulunan başlıca fenolik bileşik sınıfın flavanoller olması, asetonun ekstraksiyonda daha etkili olmasını açıklar niteliktedir.

Aseton konsantrasyonu yaklaşık %50 değerlerine kadar yükseldiğinde posa, kabuk ve meyve suyu ekstraktlarının TFM miktarı yükselmiş ancak daha yüksek konsantrasyonlarda Şekil 4.1’de gösterildiği gibi TFM miktarlarında azalma tespit edilmiştir. Bu bulgunun Mokrani ve Madani (2016), Lasano ve diğerleri (2019) ve Ma ve diğerlerinin (2021) çalışmaları ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ayva bölümleri için program tarafından önerilen ekstraksiyon koşulları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Design Expert Programı kullanılarak elde edilen optimum ekstraksiyon koşulları

<b>Ayva Bölümleri</b>	<b>Çözgen Oranı</b>	<b>Çözgen Çeşidi</b>	<b>Yöntem</b>
Posa	42	Aseton	Ultrasonikasyon
Kabuk	54	Aseton	Ultrasonikasyon
Çekirdek	51	Metanol	Ultrasonikasyon
Yaprak	48	Aseton	Ultrasonikasyon
Meyve suyu	50	Aseton	Ultrasonikasyon

Çalışmada ayva bölümlerinin ultrasonik destekli ekstraksiyon ile elde edilen tüm su ekstraktlarının en düşük TFM miktarına sahip olduğu (posa 239,41 mg/100g kuru meyve ağırlığı; kabuk 1352,94 mg/100 g kuru meyve ağırlığı; çekirdek 109,57 mg/100 g kuru meyve ağırlığı, yaprak 5301,96 mg/100 g kuru meyve ağırlığı ve meyve suyu 289,61 mg/100 g kuru meyve ağırlığı) bununla birlikte, maserasyon tekniği ile çekirdek ve yapraktan elde edilen ekstraktların TFM bakımından aseton ve metanol kadar etkili olduğu tespit edilmiştir.

#### **4.2. Optimum Ekstraksiyon Koşullarında Elde Edilen Ekstraktların Antioksidan Aktivite (AA) ve Toplam Fenolik Madde (TFM) Miktarı**

Günümüzde TFM miktarı ve AA’nın belirlenmesinde çeşitli kantitatif analizler kullanılmaktadır. Çoğunlukla renk yoğunluğu ölçümüne dayalı olan bu analizler geleneksel yöntemlere göre daha az numune, reaktif ve çözgen gereksinimi, daha az zaman ve işçilik gibi bazı avantajlar sunması sebebiyle 96 kuyucuklu mikroparka kullanılarak yapılmaya başlanmıştır (Bobo-García ve diğerleri, 2015; Herald, Gadgil ve Tilley, 2012; Yang ve diğerleri, 2020)

Literatürde TFM miktarı ve AA sonuçları kuru ağırlık ya da yaş ağırlık üzerinden verilebilmektedir. Çalışmadaki sonuçların mevcut literatürle kıyaslanabilmesi amacıyla, ayva bölümlerinde kuru madde değerleri belirlenmiş ve Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çalışmada, posa ve kabuğun kuru madde değerleri sırasıyla  $19,93 \pm 0,17$  ve  $26,25 \pm 2,08$  olarak tespit edilmiştir. Rop ve diğerlerinin (2011) 22 farklı ayva çeşidinin bazı fizikokimyasal özelliklerini belirledikleri çalışmada, ayva meyve eti ve kabuğu birlikte analize alınmış ve kuru madde değerleri  $13,39 \pm 0,11$  ile  $21,84 \pm 0,08$  arasında bulunmuştur. Başka bir çalışmada, ayva posasının kuru madde değerinin  $19,66$  olduğu belirtilmiştir (Ponder ve Hallmann, 2017). Bu çalışmalara benzer olarak Najman ve diğerleri (2023) kabuklu ayva posası kuru madde değerini  $18,60 \pm 0,16$  olarak bildirmişlerdir. Ayva bölümleri arasında en yüksek kuru madde değeri çekirdekte ( $95,62 \pm 0,24$ ) tespit edilmiştir. Kurt ve Atalar (2018), ayva çekirdeği kuru maddesinin  $92,28 \pm 0,03$  olduğunu belirtmişlerdir. Ayva yağrağının  $30 \pm 2$  °C’de 5 gün kurutulduğu çalışmada, kuru madde değerinin  $49,82$  olduğu raporlanmıştır (Oliveira ve diğerleri, 2008). Çalışmada ise yaprağın kuru maddesi  $40,20 \pm 0,62$  olarak belirlenmiştir. Ayva suyunun biyoaktif özelliklerinin incelendiği çalışmada, kuru madde değeri  $16,92 \pm 0,07$  olarak bildirilmiştir (Najman ve diğerleri, 2023). Farklı ayva çeşitlerinin meyve suyu eldesinde verim, renk, duyuşal özellikleri üzerine etkilerinin belirlendiği çalışmada, meyve suyunun ortalama  $11,8$  kuru madde içerdiği, ancak kuru madde değerlerinin çeşide göre farklılık gösterdiği ve  $9,7$  ile  $13,9$  arasında değiştiği bildirilmiştir (Wojdyło, Teleszko ve Oszmianski, 2014b). Çalışmada elde edilen meyve suyu kuru madde değeri ise  $12,81 \pm 1,12$  olarak belirlenmiştir. Ayva bölümlerinin kuru madde analiz sonuçlarının literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.2’de sunulduğu gibi, ayvanın farklı bölümlerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde, farklı miktarlarda fenolik içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). TFM miktarı en yüksek olan ayva bölümünün  $86,44 \pm 4,53$  mg GAE/g kuru ağırlık ile ayva yaprağı olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Kabuk ve meyve suyundaki fenolik bileşenler yapraktan sırasıyla 2,32 ve 3,76 kat daha düşük bulunmuştur. Teleszko ve Wojdyło (2015) tarafından birçok meyve ve yaprağının incelendiği çalışmada, ayva yaprağının ( $69,24$  mg/g kuru ağırlık) meyvesine göre 4 kat daha fazla fenolik bileşik içerdiği raporlanmıştır. Elma, japon ayvası, siyah frenk üzümü, aronya, turna yemişi ve yaban

mersini yapraklarının da incelendiği aynı çalışmada ayva yaprağının en zengin polifenol içeriğe ve en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu vurgulanmıştır. Szychowsk, Munera-Picazo, Szumny, Carbonell-Barrachina ve Hernández (2014), İspanyada yetiştirilen ayvanın kabuğundan fenolik bileşikleri ekstrakte etmişler ve TFM miktarının 3,27 – 5,81 mg GAE/g arasında olduğunu belirtmişlerdir. Bu değerler çalışmada alınan sonuçtan ( $9,83 \pm 0,20$  mg GAE/g kuru ağırlık) daha düşük olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde aynı çalışmadaki ayva posası sonuçları da çalışmada elde edilen sonuçtan daha düşük bulunmuştur. Bir başka çalışmada ayva kabuğu ve posasının TFM miktarının sırasıyla 17,35 ve 4,18 mg/g olduğu bildirilmiştir (Sut ve diğerleri, 2018). Her iki çalışmada kabuğun posaya göre daha yüksek fenolik içeriğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu tespit yapılan çalışmada da gözlenmiştir. Rasheed ve diğerleri (2018) ayva posasının TFM miktarının 0,65 – 0,68 mg GAE/g olduğunu raporlamışlardır. Bu değer elde edilen değerden ( $1,81 \pm 0,08$  mg GAE/g) oldukça düşüktür. Çalışmada ayva suyunun TFM miktarı  $22,96 \pm 1,30$  mg GAE/g kuru ağırlık (2,94 mg GAE/g yaş ağırlık) olarak bulunmuştur. Literatürde ayva suyunun TFM miktarının 0,59 - 4,35 mg GAE/mL arasında olduğu görülmüştür (Nowicka, Wojdyło ve Teleszko, 2017; Yıkmış ve diğerleri, 2019). Bu değerler elde edilen sonuç ile uyumluluk göstermektedir. On iki farklı ayva çeşidinden elde edile ayva sularının kromatografik cihazlarla fenolik miktarının incelendiği başka bir çalışmada ise değerlerin 7,21-36,15 mg/mL arasında değiştiği raporlanmıştır. Ayvanın farklı bölümlerine ait fenolik içerikleri ile ilgili bu farklılıklar, ekstraksiyon koşulları, iklim, toprak ve meyvenin çeşit farklılığı ile açıklanabilir (Stojanović ve diğerleri, 2017; Wojdyło ve diğerleri, 2014a).

Ayva çekirdeğinin Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi fenolik madde yönünden yoksun olduğu ve ayva bölümleri arasında en düşük TFM miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak ayva çekirdeğinin selüloz, suda çözünen polisakkarit ve amino asitlerden oluşan müsinli yapıya sahip olması bazı araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Bu nedenle ayva çekirdeğine ait çalışmalar, antioksidan ya da toplam fenol içeriği özelliklerinden ziyade gıdalarda doğal viskozite artırıcı olarak kullanımına odaklanmıştır (Jouki, Mortazavi, Yazdi ve Koochehi, 2014; Kirtil ve Oztop, 2016; Kurt ve Atalar, 2018). Ayva çekirdeğine özgü bu selülozik yapı sebebiyle analizin düşük TFM değeri ile sonuçlanmış olabileceği, ayva

çekirdeği gibi jel kıvamındaki ürünler için TFM ve AA metotlarının geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Literatürde daha önce belirtildiği gibi, fenolik bileşikler, serbest radikallerin temizlenmesinde, bazı enzimlerin inhibe edilmesinde ve oksidasyonun önlenmesinde anahtar rol oynamaktadırlar (Oliveira ve diğerleri, 2012). Bu özellikleri sebebiyle fenolik bileşikler antioksidan aktiviteden sorumlu bileşikler olarak görülmektedirler. AA'nın fenolik bileşiklerin miktarı ve çeşidi ile doğrudan ilişkili olduğu ve bazı belirli polifenol gruplarının antioksidan aktivite üzerinde belirleyici olduğu raporlanmıştır. Özellikle hidroksisinnamik asitler, flavan-3-oller ve prosiyanidinlerin AA sergileyen başlıca fenolik bileşikler olduğu kanıtlanmıştır (Antoniewska, Rutkowska ve Pineda, 2019; Wojdyło ve diğerleri, 2014a). Çalışmada TFM miktarı ile tutarlı olarak, hangi yöntemle AA analizi yapılırsa yapılsın, ayva yaprağının diğer ayva bölümlerine kıyasla daha yüksek AA'ya sahip olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Ayva yaprağının DPPH, ABTS ve FRAP yöntemleri ile elde edilen değerleri sırasıyla  $653,02 \pm 14,84$   $\mu\text{mol}$  troloks eşleniği/g kuru ağırlık,  $1031,42 \pm 16,66$   $\mu\text{mol}$  troloks eşleniği/g kuru ağırlık ve  $2039,95 \pm 31,22$   $\mu\text{mol}$   $\text{Fe}^{+2}$  eşleniği/g kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir. Ayva bölümlerinin AA sonuçlarının sırasıyla yaprak > kabuk > su > posa > çekirdek olarak azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.2). Yaprığın DPPH yöntemi ile yapılan AA sonuçları posa, meyve suyu ve kabuk sonuçlarından 15 kat, 5,5 kat ve 2,4 kat daha yüksek bulunmuştur.

**Çizelge 4.2.** Optimum ekstraksiyon koşullarında elde edilen ekstraktların kuru madde, toplam fenolik madde (TFM) miktarı ve AA değerleri

Bölüm	Kuru madde (%)	Toplam Fenolik Madde (TFM) Miktarı	Antioksidan Aktivite		
			DPPH	ABTS	FRAP
Posa	19,93±0,17	9,06 ± 0,41 <sup>d</sup>	42,64 ± 0,66 <sup>d</sup>	109,62 ± 4,40 <sup>d</sup>	106,77 ± 3,70 <sup>d</sup>
Kabuk	26,25±2,08	37,44 ± 0,74 <sup>b</sup>	272,53 ± 3,20 <sup>b</sup>	461,63 ± 9,42 <sup>b</sup>	515,35 ± 9,49 <sup>b</sup>
Çekirdek	95,62±0,24	1,76 ± 0,06 <sup>e</sup>	1,10 ± 0,14 <sup>e</sup>	9,98 ± 0,87 <sup>e</sup>	7,39 ± 0,18 <sup>e</sup>
Yaprak	40,20±0,62	86,44 ± 4,53 <sup>a</sup>	653,02 ± 14,84 <sup>a</sup>	1031,42 ± 16,66 <sup>a</sup>	2039,95 ± 31,22 <sup>a</sup>
Su	12,81±1,12	22,96 ± 1,30 <sup>c</sup>	117,49 ± 3,69 <sup>c</sup>	253,73 ± 9,49 <sup>c</sup>	209,36 ± 2,87 <sup>c</sup>

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir (n = 6). <sup>a-e</sup> Aynı sütunda yer alan farklı harfler ayva bölümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olduğunu belirtmektedir ( $p < 0,05$ ). Toplam fenolik madde miktarı mg gallik asit eşleniği (GAE) / g kuru meyve ağırlığı olarak ifade edilmiştir. DPPH ve ABTS analizleri  $\mu\text{mol}$  troloks eşleniği / g kuru meyve ağırlığı olarak ifade edilmiştir. FRAP analizi  $\mu\text{mol}$   $\text{Fe}^{+2}$  eşleniği / g kuru meyve ağırlığı olarak ifade edilmiştir.

ABTS yöntemi ile yapılan yaprak AA sonuçları Teleszko ve Wojdyło (2015)'in sonuçları (1164,9  $\mu\text{M TE/g}$  kuru ağırlık) ile uyumlu olduğu görülmektedir. Çalışmada elde edilen diğer bir bulgu kabuğun AA'sının posadan daha yüksek olduğudur. Kabukta DPPH yöntemi ile belirlenen AA değeri  $272,53 \pm 3,20$   $\mu\text{mol troloks eşleniği/g}$  kuru ağırlık iken, posada bu değer  $42,64 \pm 0,66$   $\mu\text{mol troloks eşleniği/g}$  kuru ağırlık olarak saptanmıştır. Daha önceki çalışmalarda da benzer gözlem ve yorumların olduğu belirlenmiştir (Benzarti, Belkadhi ve Hamdi, 2018; Fattouch ve diğerleri, 2007; Szychowski, Munera-Picazo, Szumny, Carbonell-Barrachina ve Hernández, 2014). Baroni ve diğerleri (2018) ayva posasının DPPH ve FRAP değerlerinin  $21,66 \pm 1,56$   $\mu\text{M TE/g}$  ve  $24,33 \pm 1,91$   $\mu\text{M TE/g}$  olduğunu raporlamışlardır. Çalışmada ayva posasının DPPH ve FRAP değerleri  $8,50 \pm 0,13$   $\mu\text{M TE/g}$  ve  $21,28 \pm 0,74$   $\text{TE/g}$  yaş ağırlık olarak bulunmuştur. On iki çeşit ayva suyunun antioksidan özelliklerini ve depolama stabilitesini inceleyen başka bir çalışmada DPPH, ABTS ve FRAP yöntemleri ile ölçülen AA değerlerinin sırasıyla 22-72  $\mu\text{M TE/mL}$ , 78-108  $\mu\text{M TE/mL}$  ve 2-30  $\mu\text{M TE/mL}$  olduğu belirtilmiştir (Wojdyło ve diğerleri, 2014a). Çalışmada ise ayva suyunun AA'sı DPPH ile  $15,05 \pm 0,47$   $\mu\text{M TE/g}$ , ABTS ile  $32,50 \pm 1,22$   $\mu\text{M TE/g}$  ve FRAP ile  $26,81 \pm 0,37$   $\mu\text{mol Fe}^{+2}$  eşleniği/g olarak ölçülmüştür. Çekirdek en düşük TFM miktarına sahip ayva bölümü olmasının yanısıra, en düşük AA'ya da sahiptir. DPPH, ABTS ve FRAP değerleri sırasıyla  $1,10 \pm 0,14$   $\mu\text{mol troloks eşleniği/g}$  kuru ağırlık,  $9,98 \pm 0,87$   $\mu\text{mol troloks eşleniği/g}$  kuru ağırlık ve  $7,39 \pm 0,18$   $\mu\text{mol Fe}^{+2}$  eşleniği/g kuru ağırlık olarak belirlenmiştir. Yapılan literatür taramasında çekirdeğin AA'sının sadece bir yayında incelendiği, çalışmaların ayva çekirdeği müsilaajının özellikleri üzerine yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Belirtilen yayında değerler  $\text{IC}_{50}$  değeri olarak verildiğinden, çalışmadaki ayva çekirdeği AA bulguları kıyaslanamamıştır.

Yapılan üç farklı antioksidan aktivite analizinden FRAP ve ABTS yöntemlerinin, DPPH yönteminden daha yüksek değerler verdiği görülmektedir. Bu farkın belirli polifenol gruplarının ve miktarlarının, analiz prensibini oluşturan serbest radikal yakalama veya demir indirgeme aktivitesine dayalı reaksiyonlar üzerindeki farklı etkilerinden ileri geldiği düşünülmektedir (Noreen, Semmar, Farman ve McCullagh, 2017).



### 4.3 Ekstraktların Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi ile Fenolik Bileşen Analizi

Literatürde elde edilen bulgular ayva meyvesi ve yaprağının, mono ve dikaffeoilkinik asitlerin (3-O-kafeoilkinik, 4-O-kafeoilkinik, 5-Okafeoilkinik ve 3,5-O-dikaffeoilkinik asitler) varlığı ile karakterize edildiğini göstermektedir (Oliveira ve diğerleri, 2012; Silva ve diğerleri, 2004).

Yapılan çalışmada ayva yaprağı ve meyvenin diğer bölümlerinde en bol bulunan fenolik bileşiğin hidroksisinnamik asitler olduğu Çizelge 4.3, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görülmektedir. Ayva yaprağı ve kabuğunun en çok 3-O-kafeoilkinik asit (klorojenik asit) içerdiği ve miktarlarının sırasıyla 1166,40 µg/g kuru ağırlık (468,89 µg/g) ve 751,75 µg/g kuru ağırlık (197,34 µg/g) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 3,5-dikaffeoilkinik asitin ayva bölümleri arasında yine en çok yaprakta bulunduğu belirlenmiştir. Posa ve suda ise hidroksisinnamik asitler arasında en fazla 5-O-kafeoilkinik asit (neoklorojenik asit) bulunmaktadır. Benzer bulgu Stojanović ve diğerlerinin (2017) çalışmasında da alınmıştır. Magalhães ve diğerleri (2009) kabuk ve posanın metanolik ekstraktlarının klorojenik asit içeriğini 1280 µg/g ve 1000 µg/g olarak belirlemişlerdir. Zapata ve diğerleri (2019), üç farklı ayva çeşidinin klorojenik asit içeriğinin (1022,9 - 1115,5 µg/g kuru ağırlık) neoklorojenik asit içeriğinden (410,2 - 770,6 µg/g kuru ağırlık) daha yüksek olduğunu ve miktarlarının çeşitler arasında önemli ölçüde farklı olduğunu göstermiştir. Yapılan çalışmada ekstraktların klorojenik asit ve neoklorojenik asit içeriği önceki çalışmalardan daha az miktarlarda tespit edilmiştir. Bazı araştırmalar fenolik bileşen farklılıklarının iklim koşulları, hasat zamanı ve coğrafi kaynak ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (Oliveira ve diğerleri, 2007, 2012).

Ayva çekirdeğinde tanımlanan fenolik bileşiklerin nicelik ve nitelik bakımından oldukça düşük olduğu ve ayva bölümleri arasında en düşük fenolik bileşen içeriğine sahip olduğu Çizelge 4.3'te sunulmuştur. Bu sonuçlar çekirdeğin antioksidan aktivite ve TFM sonuçlarının düşüklüğünü açıklar niteliktedir. Yapılan çalışmada çekirdekte kantitatif olarak belirlenen tek fenolik bileşiğin klorojenik asit olduğu görülmektedir. Çekirdekdeki klorojenik asit miktarı ayva bölümleri arasında en düşük miktarda olup, 12,63 µg/g kuru ağırlık (12,08 mg/kg) olarak tespit edilmiştir. Magalhães ve diğerleri (2009) çekirdeğin

metanolik ekstraktında 10 mg/kg düzeyinde klorojenik asit 50 mg/kg düzeyinde ise neoklorojenik asit tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada çekirdekte 3-5 dikaffeoilkinik asit, kuersetin ve kaempferol türevlerinin bulunmadığı ancak posa ve kabukta bulunmayan lucenin-2 (6,8-di-C-glucosyl luteolin), vicenin-2 (6,8-di-C-glucosyl apigenin), stellarin-2 (6,8-di-C-glucosyl chrysoeriol), isoschaftoside (6-C-arabinosyl-8-C-glucosyl apigenin), schaftoside (6-C-glucosyl-8-C-arabinosyl apigenin), 6-C-pentosyl-8-C-glucosyl chrysoeriol, 6-C-glucosyl-8-C-pentosyl chrysoeriol fenolik bileşiklerinin

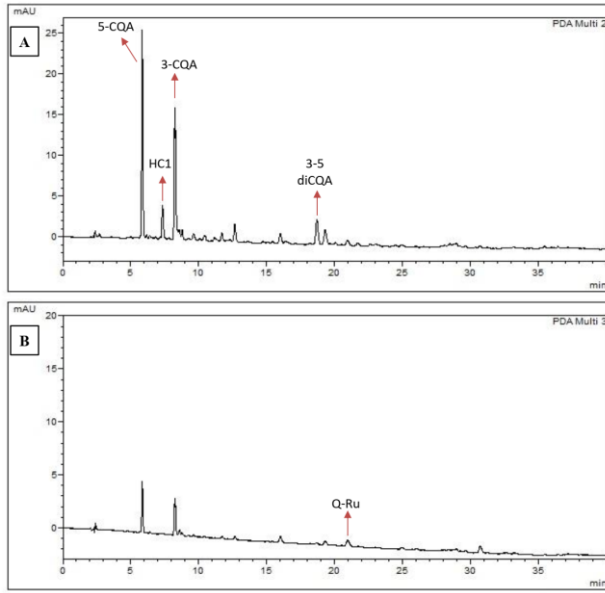
**Çizelge 4.3.** Optimum ekstraksiyon koşullarında elde edilen ekstraktların fenolik bileşen analiz sonuçları

Bileşik	Ayva bölümü ekstraktları (µg/g kuru ağırlık)				Su
	Posa	Kabuk	Çekirdek	Yaprak	
GA	nd	nd	tr	nd	nd
CA	nd	nd	nd	nd	nd
5-CQA	<b>179,25</b>	482,36	nd	354,96	<b>628,84</b>
HC1	22,22	37,65	tr	51,43	51,09
3-CQA	164,59	751,75	<b>12,63</b>	<b>1166,40</b>	548,67
4-CQA	tr	<b>35,40</b>	tr	<b>165,64</b>	47,43
KAF	tr	tr	tr	tr	tr
CouA	nd	nd	nd	nd	nd
3,5-diCQA	<b>29,28</b>	76,38	nd	<b>381,16</b>	60,99
Q-Ga	nd	<b>57,23</b>	nd	50,92	<b>6,06</b>
Q-Ru	<b>5,01</b>	<b>589,50</b>	nd	534,94	67,92
Que	nd	<b>50,26</b>	nd	<b>48,87</b>	tr

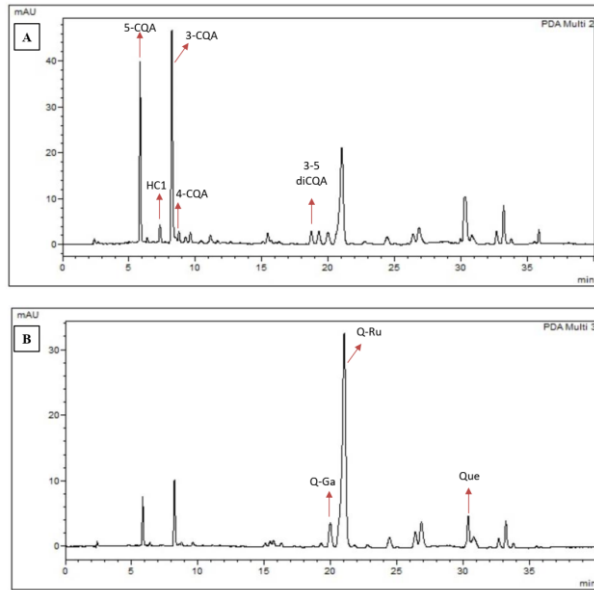
Ortalama değerler µg/g kuru meyve ağırlığı olarak verilmiştir. nd, belirlenemedi; tr, iz miktarda; GA, Gallik asit; CA, kateşin; 5-CQA, 5-O-kafeoilkinik asit; HC1, 4-p-kumaroilkinik asit; 3-CQA, 3-O- kafeoilkinik asit; 4-CQA, 4-O- kafeoilkinik asit; KAF, kaffeik asit; CouA, p-kumarik asit; 3,5-diCQA, 3,5-di kafeoilkinik asit; Q-Ga, kuersetin-3-galaktosid; Q-Ru, kuersetin-3-rutinosid; Que, kuersetin.

çekirdekte 20-80 mg/kg düzeyinde bulunduğunu raporlamışlardır. Silva ve diğerleri (2004) çekirdeğin metanolik ekstraktında fenolik bileşikleri analiz etmişler ve klorojenik asidin (24 mg/kg) yanı sıra, çekirdekte önemli miktarda neoklorojenik asit(54,4 mg/kg) ve kriptoklorojenik asit (27,6 mg/kg) tanımlamışlardır.

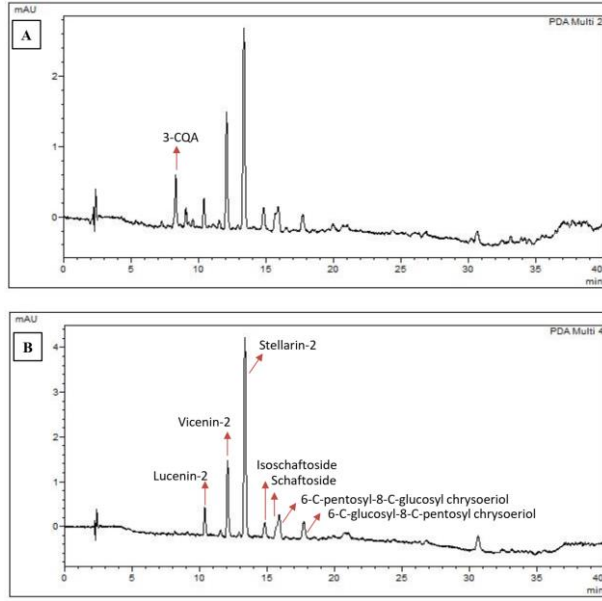
Çizelge 4.3'te görüldüğü üzere, çekirdekte gallik asit, 4-p-kumaroilkinik asit, 4-O-kafeoilkinik asit (kriptoklorojenik asit) ve kafeik asit de bulunduğu ancak miktarların tespit edilebilir düzeyin altında kaldığından belirlenemediği görülmektedir. Literatür çalışmaları incelendiğinde, kromatogramda 10. ve 18. dakikalar arasında tespit edilen olası piklerin lucenin-2, vicenin-2, stellarin-2, isoschaftoside, schaftoside, 6-C-pentosyl-8-C-glucosyl chrysoeriol, 6-C-glucosyl-8-C-pentosyl chrysoeriol olduğu görülmüştür.



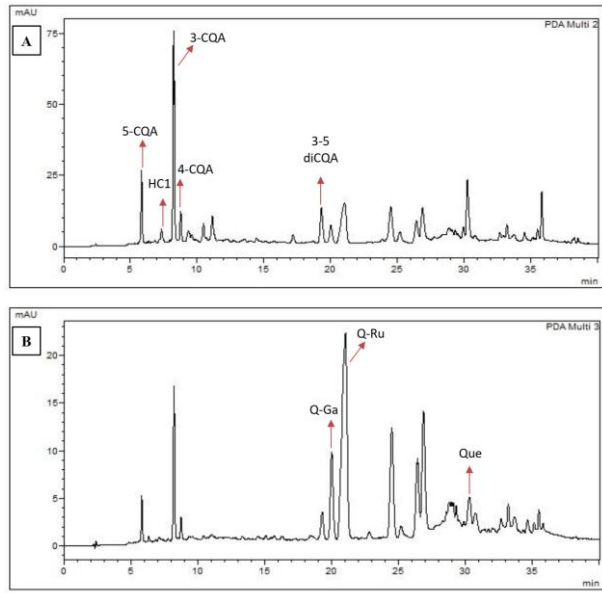
**Şekil 4.2.** Ayva posasının aseton ekstraktının 320 nm (A) ve 360 nm (B)'de kaydedilen HPLC kromatogramları. (5-CQA: 5-O-kafeoilkinik asit; HC1: 4-p-kumaroilkinik asit; 3-CQA: 3-O-kafeoilkinik asit; 3,5-diCQA: 3,5-dikaffeoilkinik asit, Q-Ru: kuersetin-3-rutinosit).



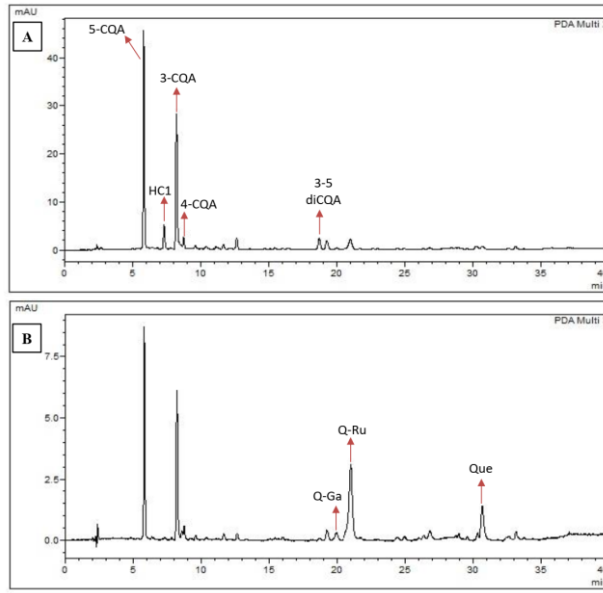
**Şekil 4.3.** Ayva kabuğunun aseton ekstraktının 320 nm (A) ve 360 nm (B)'de kaydedilen HPLC kromatogramları. (5-CQA: 5-O-kafeoilkinik asit, HC1: 4-p-kumaroilkinik asit, 3-CQA: 3-O-kafeoilkinik asit, 4-CQA: 4-O-kafeoilkinik asit, 3,5-diCQA: 3,5-dikaffeoilkinik asit, Q-Ga: kuersetin-3-galaktozid, Q-Ru: kuersetin-3-rutinosit, Que: kuersetin).



**Şekil 4.4.** Ayva çekirdeğinin metanol ekstraktının 320 nm (A) ve 350 nm (B)'de kaydedilen HPLC kromatogramları. 3-CQA: 3-O-kafeoilkinik asit. (5-CQA: 5-O-kafeoilkinik asit, HC1: 4-p-kumaroilkinik asit, 3-CQA: 3-O-kafeoilkinik asit, 4-CQA: 4-O-kafeoilkinik asit, 3,5-diCQA: 3,5-dikafeoilkinik asit, Q-Ga: kuersetin-3-galaktozid, Q-Ru: kuersetin-3-rutinosit, Que: kuersetin).



**Şekil 4.5.** Ayva yaprağının aseton ekstraktının 320 nm (A) ve 360 nm (B)'de kaydedilen HPLC kromatogramları. (5-CQA: 5-O-kafeoilkinik asit, HC1: 4-p-kumaroilkinik asit, 3-CQA: 3-O-kafeoilkinik asit, 4-CQA: 4-O-kafeoilkinik asit, 3,5-diCQA: 3,5-dikafeoilkinik asit, Q-Ga: kuersetin-3-galaktozid, Q-Ru: kuersetin-3-rutinosit, Que: kuersetin).



**Şekil 4.6.** Ayva suyunun aseton ekstraktının 320 nm (A) ve 360 nm (B)'de kaydedilen HPLC kromatogramları. (5-CQA: 5-O-kafeoilkinik asit, HCl: 4-p-kumaroilkinik asit, 3-CQA: 3-O-kafeoilkinik asit, 4-CQA: 4-O-kafeoilkinik asit, 3,5-diCQA: 3,5-dikafeoilkinik asit, Q-Ga: kuersetin-3-galaktozid, Q-Ru: kuersetin-3-rutinosit, Que: kuersetin).

Toplam flavonol miktarı değerlendirildiğinde kabuk (696,99 µg/g kuru ağırlık) > yaprak (634,73 µg/g kuru ağırlık) > meyve suyu (73,98 µg/g kuru ağırlık) > posa (5,01 µg/g kuru ağırlık) > çekirdek (belirlenemedi) olarak azaldığı belirlenmiştir. Birçok çalışmada meyve kabuğunda diğer ayva bölümlerine kıyasla daha fazla flavonol birikiminin, güneş ışığına daha fazla maruz kalma ile ilişkilendirildiği ifade edilmektedir (Stojanović ve diğerleri, 2017; Wojdyło ve diğerleri, 2014). İkinci en yüksek flavonol içeriğinin yapraklarda bulunduğu göz önüne alındığında, flavonollerin meyvelerin yapraklarını ve kabuklarını UV ışınlarından korumada rol oynadığı sonucuna varılmaktadır. Benzer yorum Oliveira ve diğerleri (2012) tarafından da yapılmıştır. Kuersetin-3-rutinositin (Q-Ru), kabuk, yaprak ve meyve suyundaki en yüksek ve posadaki tek flavonol olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada posada bulunan Q-Ru miktarı (1,00 mg/kg), Stojanović ve diğerlerinin (2017) daha önce belirledikleri miktardan (2,94-8,45 mg/kg) daha düşük bulunmuştur. Ancak aynı çalışmada kabukta tespit edilen Q-Ru miktarının (123,5-254,2 mg/kg) çalışma ile tutarlı olduğu belirlenmiştir. Sut ve diğerleri (2018) ise kabuk ve posanın Q-Ru içeriklerini sırasıyla 9,26 ve 0,05 mg/kg olarak belirlemiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, mevcut çalışmadan yaklaşık 15 kat daha düşük olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada posada belirlenen fenolik profile benzer şekilde, Silva ve

diğerleri (2004) posanın Q-Ga içermediğini ancak kabuğun Q-Ga miktarının 491,2 mg/kg düzeyinde olduğunu bildirmişlerdir. Ancak belirtilen değerin çalışmada elde edilen miktardan oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

#### **4.4 *In vitro* Sindirim Simülasyonunun Fenolik İçerik ve Antioksidan Aktivite Üzerindeki Etkisi**

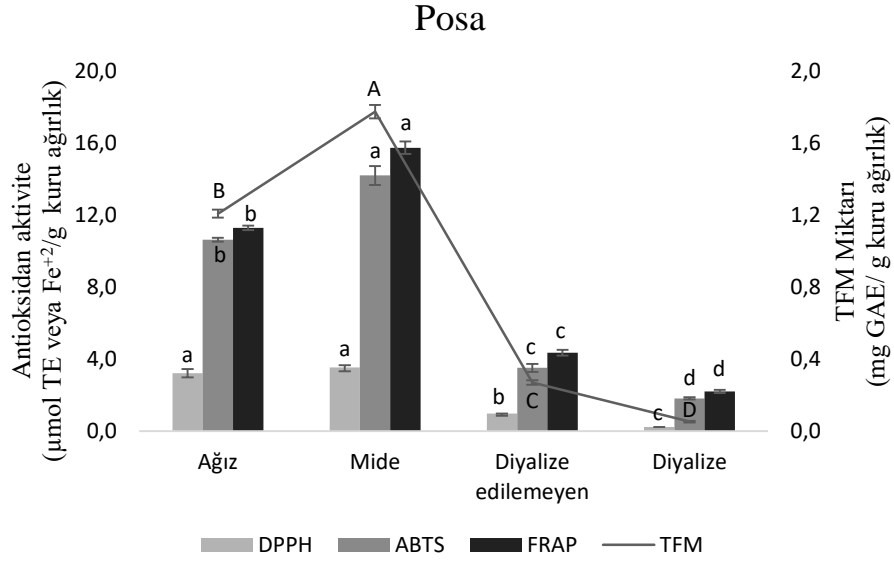
Sindirim bir sonucu olarak, gıda bileşenleri gastrointestinal sistemdeki bir dizi sindirim enzimi sonrası farklı bileşiklere dönüştürülmektedir. Bu nedenle değişime uğrayan bileşikler sindirim öncesi sahip oldukları biyolojik aktivitelerini kaybedebilir veya tam tersine oluşan bileşiklerin biyolojik aktivitelerinde artış görülebilir (Yen ve diğerleri, 2017). Bu nedenle *in vitro* sindirim simülasyon bulguları, bu bileşiklerin biyolojik aktivitelerindeki değişimleri değerlendirmek ve bütüncül bir yaklaşımla çalışmayı ortaya koymak için önem taşımaktadır.

Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de ayrı ayrı her sindirim adımında farklı ayva bölümlerinin toplam fenolik içeriği ve DPPH, ABTS ve FRAP analizi ile AA değerleri gösterilmiştir. Yapılan literatür taramasına göre; mevcut çalışma, sindirimin (ağız, mide, bağırsak-diyalize ve bağırsak-diyalize olmayan) tüm ayva bölümlerinin fenolik içeriği ve radikal yakalama aktivitesi üzerindeki etkisini araştıran ilk çalışma niteliği taşımaktadır. *In vitro* sindirim simülasyonu sonrasında ayva çekirdeği hariç tüm ayva bölümlerinin ekstrakt formlarına kıyasla fenolik içerikte ortalama 5 kat ve antioksidan aktivitede 2,5 kattan fazla azalma olduğu tespit edilmiştir. Lee, Lee, Yim ve Hur (2020) soğandaki fenolik bileşiklerden biri olan kuersetinin sindirim sonrası miktarında azalma olduğunu ve bu nedenle insanda kuersetin biyoyararlanımının daha az olduğunu raporlamışlardır. Corrêa ve diğerleri (2017) Merlot üzüm posasının hidroetanollü ekstraktında 20 adet antosiyanin olmayan fenolik bileşik tanımlamışlardır. Aynı çalışmada *in vitro* sindirim sonrası sadece 11 antosiyanin olmayan bileşiğin tanımlandığı ve tanımlanan bileşiklerin miktarında 18 kata kadar azalmanın olduğu bildirilmiştir. Beyaz üzüm ve beyaz üzümünden yapılan şarabın fenolik bileşiklerinin biyoyararlanımı üzerine yapılan başka bir çalışmada, hem üzümde hem de şarapta sindirim sonrası TFM miktarında azalmanın olduğu ayrıca fenolik bileşiklerin çoğunun tespit edilebilir düzeyin altında kaldığı raporlanmıştır. Araştırmacılar şarabın üzüme

kıyasla biyoyararlanımının daha yüksek olduğunu bunun nedeninin üzüm gibi katı meyvelerde, polifenollerin biyolojik olarak erişilebilir olması için besin matrisinden ekstrakte edilmesinin gerekliliğini ancak şarap gibi sıvı örneklerde ise polifenollerin zaten erişilebilir olduğunu vurgulamışlardır (Lingua ve diğerleri, 2019). Bu çalışmaların aksine literatürde sindirim sonrası TFM miktarında ve antioksidan aktivitede artışın olduğunu ortaya koyan çalışmaların da olduğu tespit edilmiştir. Sengul, Surek ve Nilufer-Erdil (2014) narın mide sindirimi sonrası fraksiyonunda meyvenin metanolik ekstraktından daha yüksek toplam fenolik içeriğe sahip olduğunu bulmuşlardır. Elma, armut ve kavunun incelendiği başka bir çalışmada, yine *in vitro* sindirim sonrası daha yüksek toplam fenolik içeriğin olduğu raporlanmıştır (Chen ve diğerleri, 2014). Bazı tahıllar, makarna ve baklagillerin sindirimden sonra önemli ölçüde daha yüksek fenolik içeriğe ve buna bağlı olarak daha yüksek biyolojik aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir (Correa ve diğerleri, 2017; Pigni ve diğerleri, 2020). Bu çalışmalar mevcut fenolik bileşiklerin türü ve stabilitesinin, gıda matrisinin karmaşıklığının ve katı veya sıvı formda olmasının, *in vitro* sindirim sonrası biyolojik aktivite üzerinde etkisinin olabileceğini ortaya koymaktadır.

Yapılan çalışmada genel olarak, mide sindirimi sonrası salınan TFM miktarının, diğer sindirim adımlarından önemli ölçüde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.11) ( $p < 0,05$ ). Çalışmada elde edilen sonuçlar, ayva bölümlerinin fenolik içeriğinin ağız sindiriminden mide sindirimine doğru artış gösterdiğini ve ancak bağırsak basamaklarında (diyaliz edilemeyen ve diyaliz edilebilir fraksiyonlar) TFM miktarında dramatik bir azalmanın olduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 4.7, Şekil 4.8, 4.10 ve 4.11’de posa, kabuk, yaprak ve meyve suyunun antioksidan aktivite değerlerinde de mide sindiriminden sonra elde edilen TFM miktarı ile uyumlu olarak azalma olduğu görülmektedir. Ayva bölümlerine ait optimum koşullarda elde edilen ekstraktların TFM miktarı %100 olarak değerlendirildiğinde, yaprağın bağırsak sindirimi sonrası diyalize edilemeyen fraksiyonunun TFM değerinin %13,5’a düştüğü ve diğer ayva bölümlerinin bu orandan daha düşük değerlere sahip olduğu hesaplanmıştır. Benzer bulgular, kırmızı üzüm ve şarabın her bir sindirim basamağında fenolik profil, TFM miktarı ve antioksidan kapasitesini ortaya koyan Lingua ve diğerleri (2018) tarafından da tespit edilmiştir. Bilindiği üzere *in vitro* sindirim çalışmalarında, ortamın pH değeri mide simülasyonu için

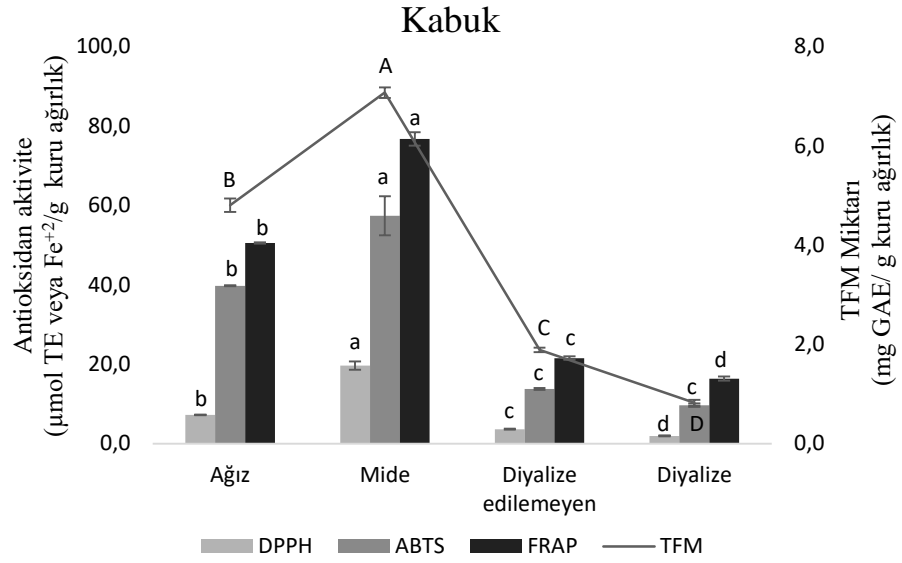
1,5-2,0 değerlerine, bağırsak simülasyonu için ise 7,5-8,0 değerlerine ayarlanmaktadır. Birçok çalışma mide sindiriminden sonra önemli miktarda fenolik içerik kaybını, fenolik bileşiklerin asidik koşullardan ziyade nötr veya alkali koşullar altında daha kararsız olması ile açıklamaktadır (Chen ve diğerleri, 2014; de Morais ve diğerleri, 2020; Lingua ve diğerleri, 2018; Sengul ve diğerleri, 2014).



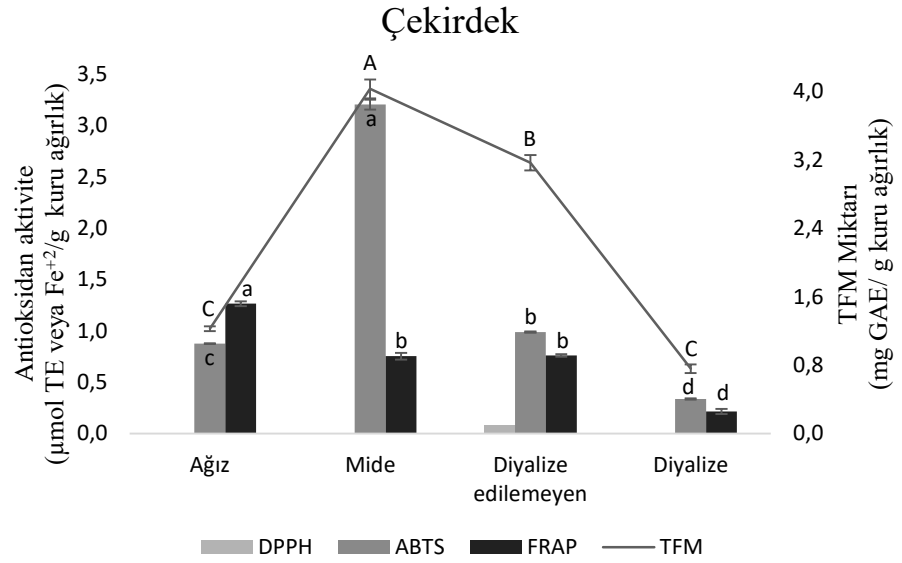
**Şekil 4.7.** Ayva posasının her bir *in vitro* sindirim simülasyon adımındaki TFM miktarı ve antioksidan aktivite değişimi

Kolonu simüle eden diyaliz edilemeyen fraksiyonun TFM miktarı incelendiğinde, bu fraksiyonun epitel bağırsak hücre bariyerini aşıp emilimi simüle eden diyaliz edilebilir fraksiyondan daha yüksek TFM miktarı içerdiği tespit edilmiştir. Bu durum kolona ulaşan fenolik maddelerin çoğunun vücut tarafından emilemediğini göstermektedir. Benzer tespit Pigni ve diğerlerinin (2020) çalışmalarında da yapılmıştır. Ancak bazı araştırmacılar kolona ulaşan fenolik bileşiklerin kolondaki bakteriler tarafından metabolize edilebileceğini ve potansiyel olarak biyo-dönüştürülmüş moleküllerin konakçı üzerinde olumlu etkiler gösterebileceğini vurgulamışlardır (de Morais ve diğerleri, 2020; Lingua ve diğerleri, 2018). Kolona ulaşan fenoliklerin kolondaki mikrobiyota üzerine etkilerini, bu mikroorganizmalar tarafından kullanım olanaklarını ve metabolize bileşiklerin neler olduğunu ortaya koyan ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

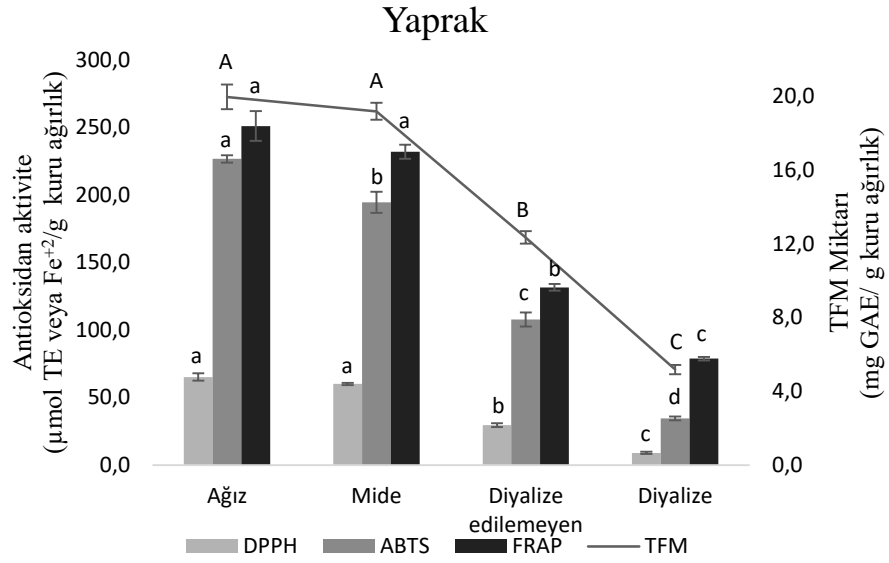




**Şekil 4.8.** Ayva kabuğunun her bir *in vitro* sindirim simülasyonu adımındaki TFM miktarı ve antioksidan aktivite değişimi



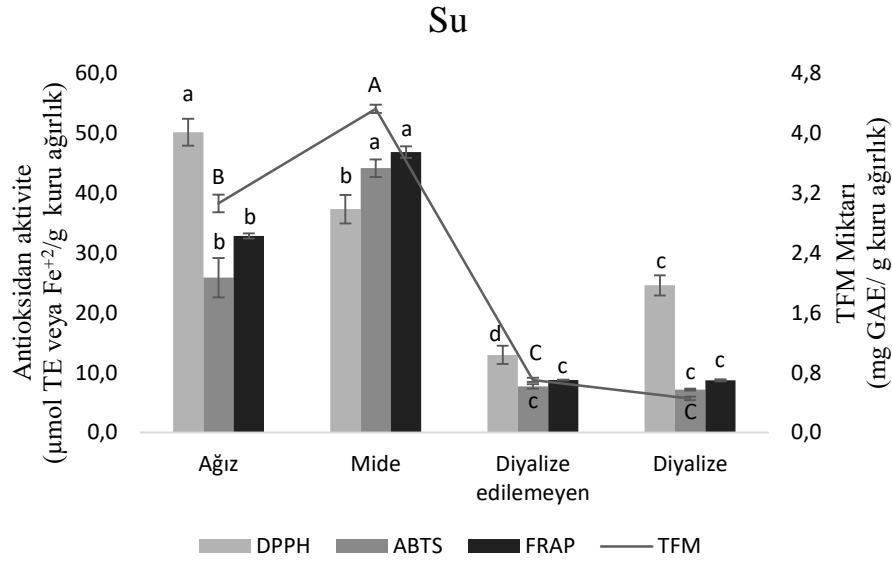
**Şekil 4.9.** Ayva çekirdeğinin her bir *in vitro* sindirim simülasyonu adımındaki TFM miktarı ve antioksidan aktivite değişimi



**Şekil 4.10.** Ayva yaprağının her bir *in vitro* sindirim simülasyonu adımındaki TFM miktarı ve antioksidan aktivite değişimi

Veriler incelendiğinde posanın TFM miktarının en yüksek belirlendiği sindirim adımının mide ( $1,78 \pm 0,04$  mg GAE/g kuru ağırlık) olduğu ardından ağız ( $1,21 \pm 0,02$  mg GAE/g kuru ağırlık), diyalize edilemeyen ( $0,27 \pm 0,01$  mg GAE/g kuru ağırlık) ve diyalize olan  $0,05 \pm 0,00$  mg GAE/g kuru ağırlık) fraksiyon olarak sıralandığı görülmektedir. AA analizlerinde genel olarak tüm ayva bölümleri için DPPH metodunun ABTS ve FRAP yöntemlerine kıyasla daha düşük sonuç verdiği belirlenmiştir. DPPH yöntemine göre posanın ağız ve mide sindirimi sonrası antioksidan aktivitesi istatistiksel olarak aynı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ) ancak ABTS ve FRAP yöntemlerinde mide > ağız > diyalize edilemeyen > diyalize edilebilir fraksiyon olarak sıralandığı görülmektedir. Posanın optimum ekstraksiyon koşullarında elde edilen ekstraktın DPPH sonuçları sindirim sonrası veriler ile kıyaslandığında AA'nın mide sindirimi sonrası yaklaşık 12 kat daha az olduğu belirlenmiştir. ABTS ve FRAP yöntemlerinde ise bu değer yaklaşık 7 kat daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Ayva kabuğunun TFM miktarının posada olduğu gibi sindirim aşamaları arasında en yüksek değer mide sindirimi sonrasında tespit edildiği ( $7,07 \pm 0,11$ ), diyalize fraksiyonun ( $0,82 \pm 0,06$ ) ise en düşük TFM miktarına sahip olduğu bulunmuştur. Antioksidan aktivite sonuçları değerlendirildiğinde, yapılan üç yöntemle de en yüksek



**Şekil 4.11.** Ayva suyunun her bir *in vitro* sindirim simülasyonu adımındaki TFM miktarı ve antioksidan aktivite değişimi

değerin mide sindirimi sonrası olduğu belirlenmiştir. Diyalize ve diyalize olmayan fraksiyonun ABTS yöntemi ile yapılan AA sonuçları istatistiksel olarak farklı değilken, diğer yöntemler diyalize olmayan fraksiyonun daha yüksek AA'ya sahip olduğunu göstermektedir. Ayva kabuğu ekstraktının TFM miktarı mide sindirimi sonrası elde edilen değerden 5 kat, AA bakımından DPPH yöntemiyle yaklaşık 6 kat, ABTS ile 7 kat, FRAP ile 14 kat daha yüksek bulunmuştur.

Tüm ayva parçaları arasında sadece ayva çekirdeğinin mide ve diyalize edilemeyen sindirim aşamalarında metanolik ekstraktından daha fazla toplam fenolik içerik tespit edilmiştir. Özellikle mide sindirimindeki fenolik bileşik miktarının ekstrakt formuna göre yaklaşık 2,40 kat arttığı belirlenmiştir. Sindirim aşamalarındaki fenolik bileşen salınımı değerlendirildiğinde mide > diyalize olmayan fraksiyon > ağız = diyalize fraksiyon olarak sıralandığı görülmektedir. Çekirdeğin diyalize olmayan fraksiyonunun fenolik bileşik salınımı ( $3.16 \pm 0.09$  mg GAE/g kuru ağırlık) kabuktan ( $1.88 \pm 0.05$  mg GAE/g kuru ağırlık) daha yüksek bulunmuştur. Bu durum çekirdeğin sindirim sonrası bazı fenoliklerinin miktarında ya da sayısında artış olduğunu ortaya koymaktadır. Çekirdekte yapılan AA analiz yöntemlerinden DPPH yöntemi ile ağız, mide ve diyalize fraksiyondan sonuç alınamazken, sadece diyalize olmayan fraksiyonda oldukça düşük miktarda AA

belirlenebilmiştir. Ancak ABTS yöntemi ile belirlenen en yüksek AA değerlerinin mide sindirimi aşamasında olduğu ve 3,20  $\mu\text{mol TE/g}$  kuru ağırlık olarak belirlenmiştir. Diğer analiz yöntemi olan FRAP ile ise daha düşük değerlerin olduğu görülmüştür. Bu durum çekirdekte artan TFM miktarının AA'da artışa neden olmadığını, her fenolik bileşiğin biyolojik aktivite sergileyemeyeceğini kanıtlar niteliktedir.

Ayva yaprağının TFM miktarının ağız (19.98  $\pm$ 0.67 mg GAE/g kuru ağırlık) ve mide sindirimi sonrası (19.20 $\pm$ 0.46 mg GAE/g kuru ağırlık) istatistiksel olarak farklılık göstermediği ( $p \geq 0,05$ ), ancak bağırsak sindirimi sonrası fenolik içeriğin kademeli olarak azaldığı belirlenmiştir. Ekstrakt sonuçlarında olduğu gibi ayva yaprağının diğer ayva bölümlerine göre tüm sindirim aşamalarında en yüksek TFM miktarı ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak ekstrakt ile kıyaslandığında TFM miktarında yaklaşık 4 kat, antioksidan aktivitede ise 4,5 ila 10 arasında azalışın olduğu tespit edilmiştir. Sindirim aşamaları arasında TFM miktarı ağız ve mide sindirimi sonrası istatistiksel olarak farklı bulunmazken ( $p \geq 0,05$ ), diyalize edilemeyen fraksiyonun TFM miktarı diyalize fraksiyondan daha yüksek bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Ayva suyunun TFM miktarının istatistiksel olarak mide > ağız > diyalize fraksiyon = diyalize edilemeyen fraksiyon şeklinde sıralandığı ve midede hesaplanan TFM miktarının 4,32 mg GAE/g kuru ağırlık olduğu belirlenmiştir. AA sonuçlarında DPPH yönteminin ABTS ve FRAP yöntemleri ile istatistiksel olarak uyumlu olmadığı ve genel durumun aksine DPPH yöntemi ile elde edilen bulguların ağız ve bağırsak sindirim aşamalarında diğer yöntemlerden daha yüksek tespit edildiği görülmüştür. Ancak TFM miktarı ile AA arasındaki ilişkinin ABTS ve FRAP yöntemleri ile paralellik gösterdiği görülmüştür. Ayva suyu ekstraktının mide sindirimine tabi tutulmuş örnekten yaklaşık 5,5 kat daha yüksek fenolik bileşen içerdiği yine 3 - 6 kat daha yüksek AA'ya sahip olduğu belirlenmiştir.

Ayva bölümlerine ait biyoerişebilirlik değerleri incelendiğinde; meyve suyu (%64,65 $\pm$ 0,58) > kabuk (%43,52 $\pm$ 1,60) > yaprak (%41,97 $\pm$ 0,75) > çekirdek (%23,94 $\pm$ 0,80) > posa (%19,59 $\pm$ 0,59) olarak sıralandığı belirlenmiştir. Ayrıca AA sonuçlarının, ayva bölümlerinin TFM miktarı ile genel olarak pozitif korelasyon

gösterdiği görülmüştür. Benzer korelasyon Dutra ve diğerleri (2017) ve Shahidi ve Zhong'un (2015) çalışmalarında da tespit edilmiştir.

#### **4.5. Ayva Bölümlerinin Optimum Koşullarda Elde Edilen Ekstraktlarının Antimikrobiyal Aktivitesi**

Literatürde ayva ya da bölümlerinin sağlık üzerine çeşitli etkilerini, AA, TFM miktarı, fenolik kompozisyon ve uçucu bileşikleri yönünden kapsamlı olarak incelendiği ancak antimikrobiyal özelliğini ortaya koyan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. Ayva meyvesinin kabuğuyla birlikte değerlendirildiği üç adet (Alizadeh ve diğerleri, 2013; Cioch, Satora, Skotniczny, Semik-Szczurak ve Tarko, 2017; Silva ve Oliveira, 2013), ayva yaprağında yedi adet (Alizadeh ve diğerleri, 2013, 2014; Benzarti ve diğerleri, 2018; Cerempei ve diğerleri, 2016; Cioch ve diğerleri, 2017; Nasiri Semnani, Hajizadeh ve Alizadeh, 2017; Silva ve Oliveira, 2013) posa ve kabukta iki adet (Fattouch ve diğerleri, 2008; Fattouch ve diğerleri, 2007), ayva suyunda bir adet (Lele ve diğerleri., 2018), ayva çekirdeğinde iki adet (Alizadeh ve diğerleri, 2013; Shaida, Singh ve Singh, 2020) olmak üzere toplamda on bir adet akademik çalışma bulunabilmiştir. Bulunan akademik yayınlarda genel olarak antimikrobiyal etkinin agar-kuyucuk ya da disk difüzyon yöntemleri ile belirlendiği görülmüştür. Bu çalışma ile ayva bölümleri fenolik ekstraktının Gram-pozitif ve Gram-negatif patojen bakterilere, laktik asit bakterilerine ve küf ile mayalara karşı etkisini belirleyen kapsamlı araştırma olma niteliği taşımaktadır. Ayrıca bu çalışma kapsamında çoğu mikroorganizma için ilk defa MİK/MBK ya da MFK değerleri belirlenebilmiştir. Ayva bölümlerinin optimum ekstraksiyon koşullarında elde edilen ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi Çizelge 4.4 'te sunulmuştur. Genel olarak, en yüksek antibakteriyal aktivitenin görüldüğü ayva bölümünün yaprakta tespit edilmesi, en yüksek fenolik bileşen içeriğine sahip olması ile açıklanabilir. Ayrıca, literatürde bazı fenolik bileşiklerin antimikrobiyal aktivite üzerinde daha etkili olduğu raporlanmıştır. Fattouch ve diğerleri (2007), yaptıkları çalışmada klorojenik asidin kuersetin ve kaempferolden daha güçlü bir antimikrobiyal bileşik olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışma doğrultusunda, yaprağın yüksek antimikrobiyal özelliğinin yüksek klorojenik asit içeriği ile doğrudan ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayva yaprağı ekstraktına en duyarlı grubun Gram-pozitif patojenler olduğu ve MİK değerlerinin 0,78 mg/mL; MBK değerlerinin 1,56 - 3,12 mg/mL arasında değiştiği belirlenmiştir. Literatürde Gram-pozitif

bakterilerin Gram-negatiflere kıyasla fenolik bileşiklere karşı daha duyarlı olduğunu gösteren çalışmalar sunulmuştur (Cueva ve diğerleri, 2010; Dimkic ve diğerleri, 2016; Govardhan Singh, Negi ve Radha, 2013; Pires ve diğerleri, 2018). Fenolik bileşiklerin hücre zarı geçirgenliğine geçici ya da kalıcı zarar verme, hücre sitoplazmasındaki bazı fonksiyonları ve hücre içi pH'sını değiştirme gibi antimikrobiyal aktivitede rol oynayan etki mekanizmalarına sahip olduğu bildirilmiştir (Khochapong, Ketnawa, Ogawa ve Punbusayakul, 2021; Oulahal ve Degraeve, 2022). Cueva ve diğerleri (2010) on üç farklı fenolik asitin 3 farklı *E. coli* suşu, *Lactobacillus* spp., *S. aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Candida albicans* üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada Gram-pozitif olan *S. aureus*'un fenolik asitlere karşı en duyarlı bakteri olduğu, *P. aeruginosa* gelişiminin ise test edilen dozdaki hiçbir fenolik asit varlığında etkilenmediği belirtilmiştir. Fenolik asitlerin patojenlere karşı antimikrobiyal etkisini açıklayan olası bir mekanizmalardan birinin fenolik asitlerin çözünmesinin bir sonucu olarak plazma zarı interfazında hiperasidifikasyona neden olması olarak açıklanmıştır. Bu hiperasidifikasyon, hücre zarı potansiyelini değiştirerek hücre zarını daha geçirgen hale getirmekte ve ayrıca ATP sentezinde yer alan sodyum-potasyum ATPaz pompasını etkilemektedir. Gram-pozitif bakteriler fenolik asitlerin hücre duvarından difüzyonunu, hücre içi asitleşmeyi ve sodyum-potasyum ATPaz pompasında geri dönüşümsüz değişiklikleri engelleyecek bir dış zardan yoksundur. Bunun aksine Gram-negatif bakterilerin sahip olduğu dış zar, hiperasidifikasyona karşı bir bariyer görevi görmekte ve toksinleri hücre dışına pompalayan MexE-MexF-OprN operon taşıma sistemi ile birlikte fenolik bileşiklerin etkisine karşı dirençli olmaktadır. Ayrıca dış zarın hidrofilik karakterde olması hidrofobik özellik gösteren bazı fenolik molekülleri itmesi ile sonuçlanmaktadır (Oulahal ve Degraeve, 2022).

Çalışmada, yaprak ekstraktının *L. bulgaricus* - *S.thermophilus*, *L. acidophilus* ve *L. plantarum* 29 üzerindeki inhibisyon etkisinin diğer Gram-pozitif patojenlere göre daha zayıf kaldığı görülmüştür (Çizelge 4.4). Bu bakterilerin MİK değerleri 12,5 mg/mL, MBK değerleri ise *L. acidophilus* için 25 mg/mL, *L. bulgaricus* - *S.thermophilus* ve *L. plantarum* 29 için ise 50 mg/mL olarak belirlenmiştir. Altı adet hidroksisünamik asit ve altı adet hidroksibenzoik asitin *L. plantarum*, *Lactobacillus hammesii*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus reuteri*, *E. coli* ve *Bacillus subtilis* üzerindeki etkilerinin

**Çizelge 4.4.** Ayva bölümü ekstraktlarının minimum inhibe edici (MİK), bakterisidal veya fungisidal (MBK/MFK) konsantrasyonları ve zon çapı ölçümleri

Mikroorganizma	MİK (mg/mL)					MBK/MFK (mg/mL)					Zon Çapı (50 mg/mL) (mm)				
	Ayva Bölümü	Posa	Kabuk	Çekirdek	Yaprak	Su	Posa	Kabuk	Çekirdek	Yaprak	Su	Posa	Kabuk	Çekirdek	Yaprak
<i>S. aureus</i>	25	3.12	12.5	<b>0.78</b>	12.5	25	6.25	>100	<b>1.56</b>	25	9.32±0.39	12.44±0.34	nd	16.85±0.17	nd
<i>E. faecalis</i>	12.5	3.12	12.5	<b>0.78</b>	12.5	25	6.25	>100	<b>1.56</b>	25	nd	11.19±0.15	nd	16.20±0.25	nd
<i>M. luteus</i>	12.5	1.56	12.5	<b>0.78</b>	12.5	50	6.25	>100	<b>1.56</b>	25	nd	13.53±0.04	nd	17.67±0.35	nd
<i>B. cereus</i>	25	3.12	25	<b>0.78</b>	12.5	>100	50	>100	<b>3.12</b>	>100	9.77±0.31	13.85±0.57	nd	17.03±0.31	10.79±0.47
<i>E. coli</i>	100	>100	<b>25</b>	100	100	>100	>100	>100	>100	>100	nd	nd	nd	nd	nd
<i>E. coli</i> O157:H7	12.5	<b>3.12</b>	25	6.25	12.5	>100	50	>100	<b>12.5</b>	>100	9.86±0.16	13.29±0.14	nd	15.73±0.09	10.62±0.07
<i>S. Typhimurium</i>	12.5	<b>3.12</b>	12.5	12.5	12.5	>100	50	>100	<b>25</b>	>100	9.87±0.01	13.23±0.16	nd	15.54±0.22	11.45±0.39
<i>K. pneumoniae</i>	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	nd	nd	nd	nd	nd
<i>L. acidophilus</i>	100	>100	>100	<b>12.5</b>	100	>100	>100	>100	<b>25</b>	>100	nd	nd	nd	nd	nd
<i>L. plantarum</i>	100	50	50	<b>12.5</b>	100	>100	>100	>100	<b>50</b>	>100	nd	nd	nd	nd	nd
Yoghurt cultures	100	>100	>100	<b>12.5</b>	100	100	>100	>100	<b>50</b>	100	nd	nd	nd	nd	nd
<i>S. cerevisiae</i>	>100	>100	>100	<b>6.25</b>	>100	>100	>100	>100	>100	>100	nd	nd	nd	nd	nd
<i>C. albicans</i>	>100	>100	>100	<b>25</b>	>100	>100	>100	>100	>100	>100	nd	nd	nd	nd	nd
<i>A. brasiliensis</i>	>100	>100	<b>100</b>	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	nd	nd	nd	nd	nd
<i>P. roqueforti</i>	>100	>100	<b>100</b>	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	nd	nd	nd	nd	nd

*Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Enterococcus faecalis* ATCC 8213, *Micrococcus luteus* ATCC 9341, *Bacillus cereus* DSM 4312, *Escherichia coli* ATCC 35218, *E. coli* O157:H7 NCTC 12900, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium ATCC 14028, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Lactobacillus plantarum* 29 (peynir izolatu), *Lactobacillus acidophilus* LA-5® (Chr.Hansen), yogurt starter kültürü YC-X16 (Chr.Hansen), *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans* (klinik izolat), *Aspergillus brasiliensis* ATCC 16404 ve *Penicillium roqueforti* (Tulum peyniri izolatu). MİK: minimum inhibisyon konsantrasyonu; MBK: minimum bakterisidal konsantrasyon; MFK: minimum fungisidal konsantrasyon; MİK ve MBK/MFK analizleri iki paralel olarak yapılmıştır. Zon çapı ölçümleri ortalama ± standart sapma olarak ifade edilmiştir (n=3).

araştırıldığı başka bir çalışmada, laktik asit bakterilerinin fenolik asitlere karşı *E. coli* ve *B. subtilis*'a kıyasla önemli ölçüde daha toleranslı olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışmada *L. plantarum*'un klorojenik asit hariç test edilen diğer tüm fenolik asitleri, *L. reuteri*'nin sadece klorojenik asidi, *L. fermentum*'un p-kumarik asit ve ferulik asidi metabolize ettiği belirlenmiştir. Laktik asit bakterileri tarafından metabolize edilen fenolik asit metabolitlerinin antimikrobiyal aktivitesinin ana bileşiğe kıyasla 2-5 kat daha düşük olduğu, *L. plantarum*'un en yüksek ve *L. reuteri*'nin en düşük metabolik aktiviteye sahip olması ile ilişkili olarak çalışmadaki en dirençli ve en duyarlı bakteriler olduğu vurgulanmıştır (Sanchez-Maldonado, Schieber ve Ganzle, 2011). Bu çalışma laktik asit bakterilerinin fenolik bileşiklere karşı toleransının fenolik bileşikleri metabolize etme becerilerinden ileri geldiğini çarpıcı bir şekilde ortaya koymaktadır. Benzer yaklaşımla ayçiçeği ununda başta klorojenik asit sebebiyle meydana gelen kararmaların önüne geçilmesinde laktik asit bakterilerinden faydalandığı görülmüştür (Fritsch, Heinrich, Vogel ve Toelstede, 2016). Başka bir çalışmada; içlerinde nar kabuğu, kekik ve karanfilin de bulunduğu 6 farklı bitkinin fenolik ekstraktının 5 yaygın patojen (*B. cereus*, *E. coli*, *S. Typhimurium*, *Shigella flexneri* ve *S. aureus*) ve 5 yaygın laktik asit bakterisi (*L. acidophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. casei*, *L. plantarum* ve *L. rhamnosus*) üzerindeki etkisi araştırılmış ve fenolik ekstraktların gıda patojenlerini farklı dozlarda inhibe ettiğini ancak laktik asit bakterilerin inhibisyonu için çok yüksek dozların gerekli olduğu vurgulanmıştır (Chan, Gan, Shah ve Corke, 2018).

Gram-negatif bakterilerde yaprak ekstraktına karşı duyarlılığın *E. coli* O157:H7 NTCC12900 > *S. Typhimurium* ATCC 14028 > *E. coli* ATCC 35218 > *K. pneumoniae* ATCC 700603 olarak sıralandığı görülmüştür. MBK sonuçları değerlendirildiğinde, 100 mg/mL yaprak ekstraktının *E. coli* ATCC 35218 ve *K. pneumoniae* ATCC 700603'yi öldürmek için yeterli olmadığı, ancak 12,5 mg/mL ve 25 mg/mL dozlarının sırasıyla *E. coli* O157:H7 NTCC 12900 ve *S. Typhimurium* ATCC 14028 için tamamen öldürücü etki gösterdiği belirlenmiştir. Nasiri Semnani ve diğerleri (2017) ayva yaprağı asetonik ekstraktının *S. aureus*, *S. Typhimurium*, *E. coli* ve *K. pneumoniae*'ye karşı MİK değerlerinin 98-196 mg/mL arasında olduğunu bildirmişlerdir. Bu değerler çalışmada elde edilen değerlerden oldukça yüksektir. Antimikrobiyal aktivite çalışmalarında



ekstrakta ait özelliklerin (çözücü, ekstraksiyon yöntemi, coğrafi köken, iklim ve mevsim) yanı sıra kullanılan suşun farklılığı da antimikrobiyal etki üzerinde belirleyici olmaktadır.

Yapılan çalışmada ayva yaprağı ekstraktının küf ve mayalar üzerindeki antifungal etkisinin diğer ayva bölümlerine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yaprak ekstraktının MİK değerinin *S. cerevisiae* için 6,25 mg/mL olduğu, bu dozun *S. cerevisiae* gelişimini ortalama %93,8 oranında inhibe ettiği ancak dikkat çekici olarak daha yüksek dozlarda bu etkinin azaldığı, 100 mg/mL'lik dozun inhibisyon oranının  $57,29 \pm 0,38$ 'e kadar düştüğü belirlenmiştir (Çizelge 4.5). *C. albicans* için de benzer sonucun alındığı, MİK değeri olan 25 mg/mL yaprak ekstraktı dozu üzerinde inhibisyonun azaldığı ancak %90'ın altına düşmediği saptanmıştır. Oldukça ilgi çekici olan bu bulguların sebebinin, küf ve mayaların yüksek enzimatik faaliyetleri sayesinde ekstrakta bulunan bileşiklerin metabolize etme yeteneğinden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmüştür. Çalışmada *A. brasiliensis* ATCC 16404 ve *P. roqueforti*'nin ayva yaprağının 100 mg/mL dozunda gelişimlerinin sırasıyla  $57,17 \pm 2,47$  ve  $63,58 \pm 1,44$  oranında inhibe olduğu belirlenmiş, MİK ve MFK değerleri tespit edilememiştir ( $>100$  mg/mL). Literatürde ayvanın antifungal etkisini araştıran sadece bir adet makalenin olduğu belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bulguların Alizadeh ve diğerleri (2014)'nin çalışma sonuçlarıyla uyumlu olduğu görülmüş, ayva yaprağının aseton ekstraktının MİK ve MFK değerlerinin sırasıyla 200 mg/mL ve 400 mg/mL olduğu raporlanmıştır.

Yaprak ekstraktının 50 mg/mL dozunun agar kuyucuk yöntemi ile elde edilen zon çaplarında, Gram-pozitif patojenlerin hepsinde  $>16$  mm üzerinde zon çapı tespit edilirken, Gram-negatiflerde sadece *E. coli* O157:H7 NTCC 12900 ve *S. Typhimurium* ATCC 14028 de sırasıyla  $15,73 \pm 0,09$  mm ve  $15,54 \pm 0,22$  mm zon çapı ölçülmüştür. Denev ve diğerleri (2014) agar kuyusu difüzyon sonuçlarını ölçülen zon çapına göre zayıf inhibisyon (inhibisyon bölgesi  $< 12$  mm), orta inhibisyon ( $12 \text{ mm} \leq$  inhibisyon bölgesi  $\leq 20$  mm) ve güçlü inhibisyon (inhibisyon bölgesi  $> 20$  mm) olarak sınıflandırmışlardır. Bu sınıflandırmaya göre zon ölçülen bakterilerin tümünde yaprak ekstraktına karşı orta derecede inhibisyon tespit edilmiştir. Çalışmada 50 mg/mL yaprak ekstraktına karşı *E. coli* ATCC 35218, *K. pneumoniae* ATCC 700603, laktik asit bakterileri, küf ve mayalarda zon çapı ölçülemediği görülmüştür.

**Çizelge 4.5.** Farklı dozlardaki ayva yaprağı ekstraktının *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *Aspergillus brasiliensis* ATCC 16404, *Penicillium roqueforti* gelişimi üzerine inhibisyon oranları

Doz (mg/mL)/ Küf-Maya	%İnhibisyon			
	<i>S. cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>	<i>A. brasiliensis</i> ATCC 16404	<i>P. roqueforti</i>
100	57,29 ± 0,38	98,60 ± 0,16	57,17 ± 2,47	63,58 ± 1,44
50	87,67 ± 4,47	100 ± 4,65	48,65 ± 1,27	54,67 ± 2,73
25	96,45 ± 12,87	100 ± 2,71	45,49 ± 2,26	45,28 ± 3,21
12,5	95,96 ± 2,79	87,42 ± 10,72	nd	38,52 ± 2,18
6,25	93,80 ± 1,80	78,63 ± 10,32	nd	nd
3,12	78,59 ± 1,36	79,10 ± 6,69	nd	nd
1,56	86,82 ± 0,05	23,83 ± 9,65	nd	nd
0,78	76,25 ± 3,74	7,74 ± 0,23	nd	nd

Bu çalışmada ayva kabuk ekstraktına en duyarlı bakterinin *M. luteus* ATCC 9341 (1,56 mg/mL) olduğu ve patojen bakteriler arasında *E. coli* ATCC 35218 ve *K. pneumoniae* ATCC 700603 hariç diğer patojen bakterilerde 3,12 mg/mL dozun gelişimi %90 oranında inhibe ettiği bulunmuştur. Kabuk ekstraktının antibakteriyal sonuçları yaprak ekstraktı ile kıyaslandığında, Gram-pozitifler üzerinde yaprak ekstraktının, Gram-negatiflerde ise genel olarak kabuk ekstraktının üstün olduğu görülmüştür. Özellikle *E. coli* O157:H7 NCTC 12900 ve *S. Typhimurium* ATCC 14028 için MİK değerlerinin sırasıyla yaprak ekstraktına kıyasla 2 ve 4 kat daha düşük tespit edilmesi oldukça dikkat çekicidir. Bu sonuçlar HPLC ile belirlenen fenolik bileşen kompozisyon analizinde kabuğun neoklorojenik asit (5-O-kafeoilkinik asit), kuersetin, kuersetin-galaktozid ve kuersetin-rutinosit miktarlarının yapraktan daha yüksek olması ile ilişkilendirilebilir (Azeem ve diğerleri, 2023; Bajko ve diğerleri, 2016). Bobinaité ve diğerleri (2020)'nin kuş üvezi posasının farklı solventlerle hazırlanan ekstraktlarının bazı özelliklerini incelemişler ve test edilen suşlara karşı en güçlü antimikrobiyal aktivitenin aseton ekstraktında olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu aseton ekstraktının en yüksek neoklorojenik asit içeriğine sahip olması ile açıklamışlardır. Neoklorojenik asitin yanı sıra kuersetinin antimikrobiyal etkinliğini ortaya koyan ve çok güçlü bir antimikrobiyal ve antiviral ajan olduğunu belirten çalışmaların olduğu belirlenmiştir (Azeem ve diğerleri, 2023; Gatto ve diğerleri, 2002; Nguyen ve Bhattacharya, 2022). Antibiyotiğe dirençli bazı bakterilere karşı kuersetinin oldukça etkili oluşu sağlık otoriteleri tarafından umut vadecici bir fenolik bileşik olarak görülmesini sağlamıştır. Kuersetinin antimikrobiyal ve antiviral

mekanizmaları arasında hücre membranına hasar verme, membran geçirgenliğini bozma, nükleik asit ve proteinlerin sentezini engelleme, virülens faktörlerin ifadesini azaltma, mitokondriyi işlevsizleştirme, biyofilm oluşumunu önleme gibi mekanizmaların yer aldığı belirtilmiştir (Nguyen ve Bhattacharya, 2022). Ayva kabuğunun sulu aseton ekstraktının antibakteriyel etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada, 0,1 mg/mL dozunun *S. aureus* ATCC 6538'i ve 1 mg/mL dozunun ise *E. coli* ATCC 35218'i inhibe etmeyi başardığı bildirilmiştir (Fattouch ve diğerleri, 2008). Çalışmada kabuk ekstraktının 6,25 mg/mL dozunun Gram-pozitif bakterilerden *S. aureus* ATCC 6538, *E. faecalis* ATCC 8213 ve *M. luteus* ATCC 9341 üzerinde bakterisidal etki gösterdiği ancak diğer bir Gram-pozitif olan *B. cereus* DSM 4312'i öldürmek için 50 mg/mL ayva kabuğu ekstraktının gerekli olduğu belirlenmiştir. *B. cereus*'un diğer Gram-pozitif bakterilerden daha yüksek MİK değerine sahip olması spor oluşturabilme yeteneği ile ilişkilendirilebilir. Benzer sonuç Fattouch ve diğerlerinin (2008) sonuçlarında da gözlemlenmiş, *B. cereus* ATCC 11778'in çalışmadaki diğer Gram-pozitif bakterilerin MİK değerlerinden 5 kat daha yüksek MİK değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Gram-negatif bakterilerin MBK verileri incelendiğinde yaprak ekstraktında olduğu gibi, *E. coli* ATCC 35218 ve *K. pneumoniae* ATCC 700603'nin çalışmada en yüksek doz olan 100 mg/mL kabuk ekstraktı ile öldürülemediği ancak *E. coli* O157:H7 NTCC 12900 ve *S. Typhimurium* ATCC 14028 için 100 mg/mL kabuk ekstraktının bakterisidal etki gösterdiği belirlenmiştir.

Laktik asit bakterilerinden *L. plantarum* 29'un ayva kabuğu ekstraktının 50 mg/mL dozunda gelişiminin %90 oranında inhibe olduğu ancak ticari suşlar olan *L. acidophilus* ve *L. bulgaricus* - *S.thermophilus* bakterilerinin MİK değerlerinin >100 mg/mL olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca MBK değerleri incelendiğinde, hiçbir laktik asit bakterisinin 100 mg/mL ayva kabuğu dozunda öldürülemediği belirlenmiştir. Literatürde ayva kabuğunun laktik asit bakterileri üzerine etkisini inceleyen çalışma bulunamamıştır.

Ayva kabuğu ekstraktının çalışmada test edilen küf ve mayalar üzerinde MİK ve MFK değerlerinin >100 mg/mL olduğu ve antimikrobiyal etkinin patojen bakterilerden genel olarak daha zayıf kaldığı tespit edilmiştir. Ayva yaprağı ekstraktının mayalar üzerindeki etkisine benzer olarak, kabuk ekstraktında da *S. cerevisiae* ve *C. albicans* üzerindeki

inhibisyon etki belli bir doza kadar artış eğiliminde olup belli bir dozdan sonra azalma eğilimindedir (Çizelge 4.6). 25 mg/mL ayva kabuğu ekstraktının *S. cerevisiae* için en yüksek inhibisyon sağladığı ancak daha yüksek dozlarda antifungal etkinin kademeli olarak azaldığı ve 100 mg/mL dozunda etkinin %  $21,39 \pm 6,60$ ' a kadar gerilediği belirlenmiştir. Benzer şekilde *C. albicans* için 50 mg/mL dozun gelişimi %  $88,22 \pm 2,49$  oranında inhibe ettiği; 100 mg/mL dozunda ise bu değer %  $43,05 \pm 10,64$ 'e düştüğü görülmüştür. Çalışmada ayva kabuğu ekstraktının *A. brasiliensis* ATCC 16404 üzerinde antifungal etkinin belirlenemediği ancak en düşük dozun *P. roqueforti* gelişimini %  $42,25 \pm 3,83$  oranında inhibe ettiği tespit edilmiştir. Daha yüksek dozlarda ise inhibisyon görülmemiştir. Fattouch ve diğerleri (2008), ayva kabuğunun su:aseton (1:3) ekstraktının *C. albicans* ATCC 14053 için MİK ve MBK değerlerini 5 mg/mL olarak belirlemişlerdir. Bu durum çalışmadaki hastane izolatu olan *C. albicans*'ın ATCC kodlu suştan daha dirençli olduğunu göstermektedir. Aynı çalışmada bu ekstraktın *A. niger* üzerinde antifungal etkisinin olmadığı vurgulanmıştır.

**Çizelge 4.6.** Farklı dozlardaki ayva kabuğu ekstraktının *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *Aspergillus brasiliensis* ATCC 16404, *Penicillium roqueforti* gelişimi üzerine inhibisyon oranları

Doz (mg/mL)/ Küf-Maya	%İnhibisyon			
	<i>S. cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>	<i>A. brasiliensis</i> ATCC 16404	<i>P. roqueforti</i>
100	$21,39 \pm 6,60$	$43,05 \pm 10,64$	nd	nd
50	$70,51 \pm 0,37$	$88,22 \pm 2,49$	nd	nd
25	$80,64 \pm 0,68$	$71,94 \pm 4,79$	nd	nd
12,5	$86,57 \pm 7,25$	$54,15 \pm 4,22$	nd	nd
6,25	$88,38 \pm 0,33$	$63,37 \pm 2,27$	nd	nd
3,12	$71,26 \pm 4,36$	$58,40 \pm 1,10$	nd	nd
1,56	$63,40 \pm 3,49$	$12,05 \pm 2,10$	nd	nd
0,78	$65,93 \pm 8,12$	$6,03 \pm 1,19$	nd	$42,25 \pm 3,83$

Zon çapı ölçümleri değerlendirildiğinde ayva kabuğu ekstraktının Gram-pozitif tüm bakterilerde, Gram-negatif bakterilerde ise *E. coli* O157:H7 NTCC 12900 ve *S. Typhimurium* ATCC 14028 suşlarında inhibisyonu zonu oluşturduğu belirlenmiştir. Bu bakteriler üzerindeki etki orta dereceli inhibisyon olarak sınıflandırılmıştır. Kabuğun %75 aseton ekstraktının *S. aureus* ATCC 6538, *E. coli* ATCC 8739 ve *C. albicans* ATCC 14053 suşları üzerindeki antimikrobiyal etkinin araştırıldığı başka bir çalışmada, sırasıyla  $27,1 \pm 2,6$  mm,  $10,5 \pm 1,1$  mm ve  $9,6 \pm 0,1$  mm zon çapı ölçülmüştür. Farklı ölçüm

sonuçlarının farklı suş ve farklı iklim-toprakta yetişen meyve kullanımı ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Ayva suyu ve posasının antimikrobiyal aktivite analiz sonuçlarının genel olarak benzer olduğu sadece *S. aureus* ATCC 6538, *B. cereus* DSM 4312'nin MİK değerlerinin ayva suyunda posaya göre iki kat daha düşük olduğu belirlenmiştir. MBK verileri değerlendirildiğinde ise sadece *M. luteus* ATCC 9341 üzerine ayva suyunun posaya kıyasla daha etkili olduğu belirlenmiştir. Suyun ve posanın analiz edilen fenolik bileşen miktarlarının farklı olduğu ve buna paralel olarak da AA'da ayva suyunun daha yüksek DPPH, ABTS ve FRAP sonuçlarının olduğu tespit edilmesine rağmen antimikrobiyal aktivitede oldukça benzer sonuçların olması ilgi çekicidir. Bu durum posa ve suda fenolik bileşen analizinde miktarları belirlenen fenoliklerin yanı sıra diğer fenolik bileşiklerin antimikrobiyal aktivitede etkin olabileceğini göstermektedir. Yoğurt bakterileri, *L. acidophilus* ve *L. plantarum* 29'un ayva suyu ve posası için MİK değerleri 100 mg/mL ve MBK değerleri yoğurt bakterileri için 100 mg/mL diğer laktik asit bakterileri için >100 mg/mL olarak belirlenmiştir. Çalışmadaki küf-mayalar için ise MİK ve MBK değerleri belirlenememiştir. Ancak yaprak ve kabuk ekstraktında olduğu gibi ayva posası ve suyunda da antifungal etkinin belirli bir doza kadar artış gösterdiği ve ardından azaldığı görülmüştür (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8). Ayvanın bu bölümlerinin şeker açısından zengin olduğu bilinmektedir. Özellikle mayaların şekeri kullanarak yüksek dozdaki posa ve su ekstraktlarından etkilenmediğini aksine gelişimlerini teşvik edebileceği öngörülmüştür.

**Çizelge 4.7.** Farklı dozlardaki ayva suyu ekstraktının *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *Aspergillus brasiliensis* ATCC 16404, *Penicillium roqueforti* gelişimi üzerine inhibisyon oranları

Doz (mg/mL)/ Küf-Maya	%İnhibisyon			
	<i>S. cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>	<i>A. brasiliensis</i> ATCC 16404	<i>P. roqueforti</i>
100	5,64 ± 1,61	34,26 ± 8,51	nd	nd
50	57,47 ± 1,46	64,24 ± 0,66	nd	nd
25	59,51 ± 7,53	76,44 ± 1,23	nd	nd
12,5	78,48 ± 1,39	71,40 ± 5,13	nd	nd
6,25	63,61 ± 2,06	52,03 ± 0,13	nd	nd
3,12	57,53 ± 4,26	47,66 ± 9,28	nd	24,06 ± 1,71
1,56	44,16 ± 1,12	28,15 ± 9,65	36,63 ± 3,38	37,03 ± 1,69
0,78	30,91 ± 5,33	11,66 ± 2,65	29,76 ± 1,29	49,66 ± 1,47

**Çizelge 4.8.** Farklı dozlardaki ayva posası ekstraktının *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *Aspergillus brasiliensis* ATCC 16404, *Penicillium roqueforti* gelişimi üzerine inhibisyon oranları

Doz (mg/mL)/ Küf-Maya	%İnhibisyon			
	<i>S. cerevisiae</i>	<i>C. albicans</i>	<i>A. brasiliensis</i> ATCC 16404	<i>P. roqueforti</i>
100	nd	28,44 ± 1,60	nd	nd
50	68,22 ± 5,66	63,62 ± 2,68	nd	nd
25	84,51 ± 0,61	66,54 ± 8,80	nd	nd
12,5	82,24 ± 5,43	62,81 ± 14,44	nd	nd
6,25	38,64 ± 1,08	9,59 ± 0,45	nd	34,11 ± 3,67
3,12	24,69 ± 4,87	8,81 ± 2,73	nd	16,82 ± 0,33
1,56	25,23 ± 7,02	2,77 ± 0,08	nd	11,57 ± 6,38
0,78	21,77 ± 8,83	0,65 ± 0,30	nd	13,01 ± 0,70

Deneme materyali olan ayvanın meyve suyunda sadece *B. cereus* DSM 4312, *E. coli* O157:H7 NTCC 12900 ve *S. Typhimurium* ATCC 14028 için zon çapı ölçülürken, posada bu bakterilere ilave olarak *S. aureus* ATCC 6538'de de inhibisyon zonu tespit edilebilmiştir. Ölçülen zon çapları <12 mm olduğu için ayva posası ve suyun etkisi zayıf inhibisyon olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışmanın en dikkat çekici bulgularından biri ayva çekirdeğinin en düşük toplam fenolik ve antioksidan aktiviteye sahip olmasına ve ayrıca test edilen fenoliklerden sadece klorojenik asit içermesine rağmen, bazı mikroorganizmalar için en az ayva suyu ve posası kadar, bazı mikroorganizmalar için ise diğer ayva bölümlerine kıyasla daha düşük miktarlarda mikroorganizma gelişimini engelleyebilmesidir. Özellikle *E. coli* ATCC 35218 için MİK değerinin 25 mg/mL olarak belirlenmesi çekirdek ekstraktını bu bakteriye karşı ayva bölümleri arasında en yüksek antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ancak MBK değerleri incelendiğinde çekirdek ekstraktı çalışmadaki hiçbir mikroorganizmaya karşı sidal etki gösterememiş ve zon çapı ölçülememiştir. Elde edilen bulguların aksine Shaida ve diğerleri (2020) ayva çekirdeği etanol ekstraktının *S. aureus* MTCC 87, *E. coli* MTTC 68 ve *C. albicans* MTCC 183 için oluşturduğu inhibisyon zon çaplarını 24,01 ± 0,31 mm, 8,15 ± 0,25 mm ve 25,82 ± 0,39 mm olarak ölçmüşlerdir. Buradaki farklılığın petriye aktarılan mikroorganizma yükü ve suş farklılığından ileri gelebileceği düşünülmektedir. Shaida ve diğerleri (2020) disk difüzyon testi için petriye 10<sup>6</sup> kob/mL düzeyinde mikroorganizma aşımışlardır. Yapılan

çalışmada ise petriye inoküle edilen mikroorganizma sayısı Balouiri, Sadiki ve Ibsouda'nın (2016) derlemesinde özetlendiği gibi, CLSI standartlarına göre gerçekleştirilmiş ve mikroorganizma yükünün analiz sonuçlarını doğrudan etkileyen bir parametre olduğu bilinmektedir. Ayva çekirdeğinin su, aseton, etanol ekstraktlarının *E. coli* 225 ve *K. pneumoniae* için MİK değerlerinin belirlendiği başka bir çalışmada, aseton ekstraktının su ve etanol ektraktına göre daha yüksek antimikrobiyal etkinlik gösterdiği ve MİK değerlerinin sırasıyla 212 mg/mL ve 350 mg/mL olduğu raporlanmıştır. Silva ve diğerleri, (2004, 2005) ayva çekirdeğinde ayvanın diğer bölümlerinde hiç bulunmayan stellerin-2, visenin-2, lusenin-2, şaftosid, izoşaftosid ve C-glikozil flavonlar gibi flavanoidlerin olduğunu tespit etmişlerdir. Ayva çekirdeğinde bulunan bu fenolik bileşiklerin bazı mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etki gösterdiği belirtilmiştir. Basile, Giordano, Lopez-Saez ve Cobianchi (1999) bazı yosunlardan izole edilen saf flavonoidlerin antibakteriyal özelliklerini incelemişlerdir. Lusenin-2'nin *S. typhi* ATCC 19430 ve *K. pneumoniae* ATCC 27736'nin yanı sıra birçok bakteride etki gösterdiğini ve bu bakteriler için MİK değerlerinin 8 µg/mL ve 64 µg/mL olduğunu raporlamışlardır. Alam, Mohammadin, Shafique, Amjad ve Asad (2022) tarafından yayınlanan derlemede içeriğinde visenin-2 ve lusenin-2 bulunan kumkuat ekstraktının antibakteriyal özellikli gösterdiği belirtilmiştir. Bunun yanı sıra lusenin-2'nin antiviral aktiviteye sahip olduğunu vurgulayan çalışmalar da mevcuttur (Hamed ve diğerleri, 2021; Youssef, EL-Swaify, Maaty ve Youssef, 2021).

Yapılan çalışmada diğer kayda değer bir durum ise diğer ayva bölümlerinin hiç birinde çalışmadaki küfler için MİK değeri belirlenemezken, çekirdek ekstraktında 100 mg/mL dozu hem *A. brasiliensis* ATCC 16404 hem de *P. roqueforti* gelişimini %90 oranında inhibe etmeye yetmiştir.

Bu çalışmada *K. pneumoniae* ATCC 700603'ün ayva bölümlerinin tüm ekstraktlarına en dirençli bakteri olduğu tespit edilmiştir. Semnani ve diğerleri (2017) tarafından yapılan ayva yaprağının değerlendirildiği bir çalışmada da benzer gözlem yapılmıştır. Ayrıca *E. coli* ATCC 35218, *K. pneumoniae* ATCC 700603 ve küf-maya için ayva bölümüne ait hiçbir ekstrakt sidal etki gösterememiştir.

#### 4.6. Ayva Bölümlerinin *in vitro* Sindirim Simülasyonu Sonrası Antimikrobiyal Aktivitesi

Çizelge 4.9' da ayva bölümlerinin *in vitro* sindirim simülasyonu sonrası kolonu temsil eden diyalize olmayan fraksiyonun antimikrobiyal sonuçları sunulmuştur. Bu çalışmanın, sindirilmiş ayva bölümlerinin antimikrobiyal aktivitesini değerlendiren ilk araştırma olduğu düşünülmektedir. Sonuçlar kör deney olarak gerçekleştirilen suyun sindirim sonrası diyaliz edilemeyen fraksiyonu ile kıyaslanarak verilmiştir. Kör deneyin MİK/MBK sonuçları ile aynı ya da daha düşük değerdeki MİK değerleri, o ayva bölümünün o mikroorganizma üzerinde antimikrobiyal aktivitesinin varlığı şeklinde yorumlanmıştır. Genel olarak, ayva yaprağının sindirim öncesinde de olduğu gibi diğer ayva bölümlerine kıyasla en yüksek antibakteriyel aktiviteyi sergilediği belirlenmiştir. Sindirilmiş ayva yaprağına karşı en duyarlı bakteri *S. aureus* ATCC 6538 olmuştur. Ayrıca MİK ve MBC sonuçları dikkate alındığında sindirilmiş ayva bölümlerinin tamamına duyarlı olan tek bakterinin *S. aureus* ATCC 6538 olduğu görülmektedir. Ayva yaprağının *E. faecalis* ATCC 8213 haricindeki tüm patojen bakterileri farklı dozlarda inhibe ettiği belirlenmiştir. Ayrıca ayva yaprağı ekstraktının 100 mg/mL dozu *K. pneumoniae* ATCC 700603 gelişimini %90 oranında inhibe etmeyi başaramazken, ayva yaprağı sindirim sonrası fraksiyonunun bu bakteri için MİK değeri 25 mg/mL'dir.

Sindirim sonrası kabuk, posa ve suyun test edilen bakterilerin hiçbirini inhibe edemediği tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak fenolik bileşiklerin ince bağırsaktaki alkali koşullarda kararsız olması ve sindirim sonrası dönüşen yeni bileşiklerin daha az antimikrobiyal özelliklere sahip olması olabilir. Benzer bir yorum Khochapong ve diğerleri (2021) ve Correa ve diğerleri (2017) tarafından da yapılmıştır. Buna karşın, 25 mg/mL ve 100 mg/mL sindirilmiş ayva çekirdeğinin, sırasıyla *E. coli* O157:H7 NTCC12900 ve *E. faecalis* ATCC 8213 gelişimini %90 oranında sınırladığı belirlenmiştir. Literatürde *in vitro* sindirim simülasyonu sonrası bazı fenoliklerde ve biyolojik aktivitede artışın (Heleno ve diğerleri, 2015; Ombra ve diğerleri, 2015) ya da azalışın (Correa ve diğerleri, 2017; Yen ve diğerleri, 2017) olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. Bu artış ya da azalış, sindirim sonrası farklı biyoyararlanımlara ve fonksiyonel özelliklere sahip yeni bileşiklerin meydana gelmesi olarak açıklanmıştır.



**Çizelge 4.9.** Ayva bölümlerinin *in vitro* sindirim sonrası (diyalize olmayan fraksiyon) minimum inhibe edici (MİK) ve bakterisidal veya fungusidal (MBK/MFK) konsantrasyonları.

Mikroorganizmalar	MİK (mg/mL)						MBK/MFK (mg/mL)						
	Ayva bölümü	Posa	Kabuk	Çekirdek	Yaprak	Su	Kör	Posa	Kabuk	Çekirdek	Yaprak	Su	Kör
<i>S. aureus</i>		50	25	50	3.12	50	50	50	25	50	3.12	50	100
<i>E. faecalis</i>		>100	>100	100	>100	>100	100	100	>100	>100	>100	>100	100
<i>M. luteus</i>		50	50	100	12.5	100	25	100	50	>100	12.5	100	50
<i>B. cereus</i>		100	100	100	25	100	50	>100	>100	100	>100	>100	>100
<i>E. coli</i>		>100	100	>100	50	100	50	100	100	>100	50	>100	50
<i>E. coli</i> O157:H7		>100	100	25	25	100	50	>100	>100	>100	>100	>100	>100
<i>S. Typhimurium</i>		>100	100	100	25	100	50	>100	>100	100	>100	>100	>100
<i>K. pneumoniae</i>		>100	100	>100	25	100	50	100	100	>100	25	100	50
<i>L. acidophilus</i>		50	50	100	50	100	12.5	100	50	50	50	>100	12.5
<i>L. plantarum</i>		12.5	12.5	6.25	25	12.5	1.56	100	50	25	25	>100	25
Yoghurt cultures		50	50	100	50	100	1.56	100	50	50	50	>100	6.25
<i>S. cerevisiae</i>		50	6.25	25	1.56	25	>100	100	>100	>100	1.56	>100	>100
<i>C. albicans</i>		100	100	>100	12.25	>100	50	>100	>100	>100	>100	>100	100
<i>A. brasiliensis</i>		100	100	>100	25	100	100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
<i>P. roqueforti</i>		100	25	100	12.25	100	100	>100	>100	>100	>100	>100	>100

*Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Enterococcus faecalis* ATCC 8213, *Micrococcus luteus* ATCC 9341, *Bacillus cereus* DSM 4312, *Escherichia coli* ATCC 35218, *E. coli* O157:H7 NCTC 12900, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium ATCC 14028, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 700603, *Lactobacillus plantarum* 29 (peynir izolatu), *Lactobacillus acidophilus* LA-5® (Chr.Hansen), yogurt starter kültürü YC-X16 (Chr.Hansen), *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans* (klinik izolatu), *Aspergillus brasiliensis* ATCC 16404 ve *Penicillium roqueforti* (Tulum peyniri izolatu). MİK: minimum inhibisyon konsantrasyonu; MBK: minimum bakterisidal konsantrasyon; MFK: minimum fungusidal konsantrasyon; MİK ve MBK/MFK analizleri iki paralel olarak yapılmıştır. Zon çapı ölçümleri ortalama  $\pm$  standart sapma olarak ifade edilmiştir (n=3).

Kör deneme sonuçları ile karşılaştırıldığında, *L. acidophilus*, *L. plantarum* 29 ve yoğurt kültürlerinin, *in vitro* sindirim sonrası hiçbir ayva bölümünden etkilenmediği görülmüştür. Ancak 1,56 mg/mL kör dozun *L. plantarum* 29 izolatu (peynirden) ve yoğurt kültürünü inhibe etmek için yeterli olduğu tespit edilmiştir. Yoğurt bakterilerinin sindirim sıvılarına duyarlı olduğu ve kolona ulaşmadığı bilinmektedir. *L. plantarum* 29 izolatının da sindirim koşullarına dirençli olmaması ve yoğurt bakterileri gibi *L. plantarum* 29'un da probiyotik özelliklere sahip olmadığını göstermektedir. Ticari bir probiyotik suş olan *L. acidophilus* LA-5'in MİK değerleri, diğer laktik asit bakterilerine kıyasla hem kör hem de sindirilmiş ayva bölümlerine karşı daha düşük tespit edilmiştir. Ancak *L. acidophilus* LA-5'in, birçok patojene kıyasla daha düşük dozlarda inhibe olduğu belirlenmiştir.

Tüm sindirim sonrası ayva bölümleri, *S. cerevisiae* gelişimini %90 oranında inhibe etmeyi başarmıştır ve bu çalışmada *S. cerevisiae* en duyarlı maya olarak belirlenmiştir. Test edilen tüm fungal suşların, ayva yaprağının *in vitro* sindirim sonrası fraksiyonundan 1,56-25 mg/mL doz aralığında etkilendiği görülmüştür. Yaprığın fenolik ekstraktından etkilenmeyen küflerin *in vitro* sindirim sonrası etkilenmesi oldukça dikkat çekici bulunmuştur. Bu durum sindirim sonrası dönüşen bileşiklerin bakterilerin yanı sıra küfler üzerinde de etkili olduğunu ortaya koymaktadır. MFK verileri incelendiğinde, *C. albicans*, *A. brasiliensis* ATCC 16404 ve *P. roqueforti* (>100 mg/mL) için herhangi bir ayva bölümünün sindirim sonrasında fungisidal etki göstermediği belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca agar kuyucuk testi ile sindirim sonrası ayva bölümlerinin antimikrobiyal etkinliği değerlendirilmiş ancak hiçbir mikroorganizma için zon çapı ölçülememiştir.

#### **4.7. Ayva Kabuğu ile Zenginleştirilmiş Yoğurtların Analiz Sonuçları**

Ayva yaprağının yüksek toplam fenolik içerik, antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteye sahip olmasına rağmen sitotoksisite ve genotoksisite analizlerle etki dozu tez kapsamında yer almadığından, probiyotik yoğurt üretiminde ayva kabuğu kullanımına karar verilmiştir. Ayva kabuğu (AK) ile 8 farklı içerikte yoğurt üretimi gerçekleştirilmiş ve elde edilen yoğurtlarda fizyokimyasal, duyuşal, reolojik, biyolojik aktivite ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Depolamanın 1. 14. ve 28. günlerinde ise yoğurtların titre edilebilir

asitlik (% laktik asit cinsinden), pH, renk, sinerezis, tekstür, reoloji, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite (DPPH, ABTS ve FRAP yöntemleriyle), mikrobiyolojik (koliform, küf-maya, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* LA-5) ve duyu analizler gerçekleştirilmiştir.

#### 4.7.1. İnkübasyon boyunca asitlik gelişimi

Yoğurtların inkübasyon başlangıcında ( $t_0$  anındaki) ve inkübasyon süresince belirli aralıklarla pH değerleri kaydedilmiştir (Çizelge 4.10). Yoğurtların yaklaşık 3-4 saat sonunda pH değerlerinin inkübasyonu sonlandırma pH değeri olan  $4,55 \pm 0,05$ 'a ulaştığı görülmüştür. Ayrıca hem probiyotik kültür içermeyen hem de içeren grupta ayva kabuğu yüzdesi arttıkça başlangıç pH değerinin azaldığı tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Bilindiği üzere ayva asitliği yüksek bir meyvedir. Ayva posasının ve kabuğunun organik asit kompozisyonunun belirlendiği çalışmada, ayva kabuğunun en yüksek malik ve kuinik asit içerdiği ( $6706,9 \text{ mg/kg}$ ), bunun yanı sıra kabukta okzalik, sitrik, askorbik, şikimik asitlerinin de bulunduğu tespit edilmiştir (Silva ve diğerleri, 2004). Yapılan çalışmalar ayvanın malik asit cinsinden ortalama  $\%1,2 \pm 0,8$  oranında asitliğe sahip olduğunu göstermiştir (Rasheed ve diğerleri, 2018; Sharma, Joshi ve Rana, 2011). Bu nedenle ayva kabuğu eklenen ürünlerin başlangıç pH değerlerinin düşük olması beklenen bir durumdur. Benzer şekilde *Roseacea* familyasının diğer bir üyesi olan elmanın posası ile yoğurt üretilmiş ve elma posası miktarı arttıkça başlangıç pH değerinin düştüğü belirtilmiştir (Jovanovic ve diğerleri, 2020).

Probiyotik kültür içermeyen grupta ayva kabuğu ilavesinin inkübasyonun 115. dakikasına kadar etkili olduğu ancak bu dakikadan sonra kontrol yoğurt örneği ile benzer pH değerlerinin görüldüğü tespit edilmiştir. Çalışmada *L. acidophilus* La5 içermeyen grupta, %1 ve %2 AK ilaveli yoğurtlar kontrole kıyasla 15 dk daha geç inkübasyon sonu pH değerine ulaşmıştır. Ancak %3 ayva kabuklu yoğurt (%3 AK-Y) kontrol ile aynı sürede fermentasyonu tamamlamıştır. Ayrıca yoğurtlara probiyotik bakteri ilavesinin asitlik gelişimine etkisi olduğu görülmüştür. Probiyotik kültür ilaveli grupta %3 ayva kabuklu probiyotik yoğurdun (%3 AK-PY) inkübasyon sonuna 2,92 saatte ulaşarak fermentasyonu en erken tamamlayan örnek grubu olmuştur ( $p < 0,05$ ). %3 oranından AK ilavesinin fermentasyon üzerinde olumlu etkisi olduğu düşünülebilir. Diğer probiyotik

yoğurtların %3 ayva kabuklu probiyotik yoğurttan (% 3 AK-PY) 30 dk daha geç fermente olduğu ancak probiyotik içermeyen gruba kıyasla 30 dk erken yoğurt oluşumunun gerçekleştiği görülmüştür. Benzer gözlem Sah, Vasiljevic, Mckechnie ve Donkor'un (2016) çalışmasında da tespit edilmiş, üretilen probiyotik yoğurtlarda ananas atığı tozunun probiyotik bakteri gelişimini desteklediği vurgulanmıştır. Espírito-Santo ve diğerleri (2012) çarkıfelek meyvesi kabuğunun probiyotik yoğurt üretimine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar 4,3-5,5 saat sonunda inkübasyonun sonlandığını, kabuk ilavesinin fermentasyonu hızlandırdığını raporlamışlardır. Benzer şekilde iğde unu ilavesi de yoğurtların inkübasyon süresini kontrol grubuna göre kısaltmıştır. Bu durum iğde unundaki %20,67–30,65 diyet lifi, %27,1% fruktoz ve %22,3 glukoz içeriğiyle ilişkilendirilmiştir (Öztürk ve diğerleri, 2018).

#### 4.7.2 Yoğurtların fizikokimyasal analizleri

Yoğurdun fizikokimyasal özellikleri yoğurtta arzu edilen yapı ve tat kriterlerinin oluşmasında belirleyici olmaktadır. Yüksek kuru madde, protein ve yağ değerlerinin tekstürel ve duyuşsal olarak tüketici beğenisiyle sonuçlandığı bilinmektedir (Wang ve diğerleri, 2020). Bunun yanı sıra Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2022/44)'nde yağ, protein ve asitlik değerlerinin yasal sınırları bulunmaktadır. Bu çalışmada, ilave edilen AK'nın ve probiyotik bakterinin yoğurdun fizikokimyasal etkisi üzerindeki etkisini değerlendirmek amaçlanmıştır. Yoğurtların kuru madde, yağ, protein ve kül değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Üretilen yoğurtlarda kuru madde değerlerinin  $11,39 \pm 0,02$ -  $13,83 \pm 0,03$  arasında olduğu belirlenmiştir. Kuru madde analizinde %3 ayva kabuklu probiyotik yoğurdun (%3 AK-PY) diğer gruplara kıyasla en yüksek kuru madde içeriğine sahip olduğu ve bunu sırasıyla %3 ayva kabuklu yoğurt (%3 AK-Y), %2 ayva kabuklu probiyotik yoğurt (%2 AK-PY) ve %2 ayva kabuklu yoğurdun (%2 AK-Y) takip ettiği görülmektedir. Beklenildiği gibi AK ilavesinin yoğurtların kuru madde miktarlarında artışa sebep olduğu belirlenmiştir. Ayrıca probiyotik bakteri içeren yoğurtlarda daha yüksek kuru madde tespiti *L. acidophilus*'un ekzopolisakkarit üretme yeteneği ile açıklanabilir (Espírito-Santo ve diğerleri, 2013; Tiwari, Kavitate, Devi ve Halady Shetty, 2021). Üretilen yoğurtların kuru madde değerlerinin genel olarak düşük olduğu belirlenmiştir. Endüstriyel yoğurt üretiminde yoğurt sütünde protein ve yağ standardizasyonu yapılmakta ve evaporasyon ya da süttozu ilavesi ile kuru maddesi

arttırılmış konsantre yoğurt sütünün kuru madde değerlerinin  $14,70 \pm 0,10$  olduğu bilinmektedir. Bu değer meyveli yoğurtlarda meyveden gelecek suyu tolere etmek amacıyla  $17,30 \pm 0,20$  değerlerine kadar yükseltilmektedir. Literatürde meyve posası ya da kabuğu ile zenginleştirilmiş yoğurtların kuru madde değerlerinin oldukça farklı aralıklarda değiştiği belirlenmiştir. Bazı akademik çalışmalarda yoğurt üretiminde yağsız sütte, şeker, jelatin ya da nişasta ilavesi ile yoğurdun kuru maddesinin arttırıldığı saptanmıştır (Öztürk ve diğerleri 2018; Şengul, Erkaya, Şengul ve Yıldız, 2012; Yıldız ve Özcan, 2019). Mango ve nar kabuğu ile yoğurt üretiminin yoğurdun kalite özellikleri üzerine etkisinin değerlendirildiği çalışmada %2 nar kabuğu ilavesinin  $14,36 \pm 0,06$  ve %2 mango kabuğu ilavesinin ise  $14,21 \pm 0,09$  kuru madde ile sonuçlandığını belirtilmiştir (El-Batawy, Ashoush ve Mehanna, 2014). Juçara meyve posasının *L. acidophilus* LA-5 probiyotik kültürü ile yoğurt üretiminin yapıldığı çalışmada ise kuru maddenin %11,27 olarak belirlendiği raporlanmıştır (Geraldı, Tulini, Souza ve Martinis, 2018). Balkabağı, kabak, havuç ve bezelye pürelerinin ayrı ayrı %10 oranında katıldığı yoğurtların kuru madde değerlerinin de %11,01-12,42 arasında olduğu belirlenmiştir.

Fermente süt ürünleri tebliğinde yoğurdun kütleye en az %3 oranında protein içermesi gerektiği bildirilmiştir. Çalışmada en düşük protein içeriğinin %2,97 oranı ile %2 AK-PY'de, en yüksek ise %3,08 protein oranı ile kontrol yoğurt örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada murt olarak da bilinen mersin bitkisinin meyvesi ile zenginleştirilmiş yoğurtların protein değerlerinin %2,49-3,10 arasında değiştiği raporlanmıştır (Bouacida ve diğerleri, 2022).

Üretilen yoğurtlarda yağ değerlerinin  $2,00 - 2,60$  arasında değiştiği görülmüştür. Fermente süt ürünleri tebliğinde tam yağlı yoğurtların yağ değeri en az %3 olması gerektiği, yarım yağlı yoğurtlarda ise yağ değerinin %1,50 - 2,00 olduğu, tebliğde tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız yoğurt sınıfları dışında kalan süt yağının etikette yüzdesel

**Çizelge 4.10.** Yoğurtların inkübasyon sürecindeki pH değişimleri

Zaman (dk)/Ürün	K-Y	%1 AK-Y	%2 AK-Y	%3 AK-Y	K-PY	%1 AK-PY	%2 AK-PY	%3 AK-PY
0	6,72 ± 0,0 <sup>a</sup>	6,68 ± 0,01 <sup>b</sup>	6,62 ± 0,02 <sup>d</sup>	6,51 ± 0,03 <sup>e</sup>	6,73 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,67 ± 0,02 <sup>b</sup> c	6,64 ± 0,00 <sup>cd</sup>	6,52 ± 0,01 <sup>e</sup>
115	<b>5,23 ± 0,01<sup>a</sup></b>	<b>5,22 ± 0,02<sup>a</sup></b>	<b>5,05 ± 0,02<sup>d</sup></b>	<b>5,01 ± 0,01<sup>e</sup></b>	5,18 ± 0,00 <sup>b</sup>	5,16 ± 0,03 <sup>b</sup>	5,09 ± 0,02 <sup>c</sup>	4,89 ± 0,02 <sup>f</sup>
130	5,03 ± 0,02 <sup>a</sup>	5,05 ± 0,03 <sup>a</sup>	5,02 ± 0,01 <sup>a</sup>	4,93 ± 0,02 <sup>bc</sup>	<b>5,05 ± 0,01<sup>a</sup></b>	<b>4,94 ± 0,03<sup>b</sup></b>	<b>4,90 ± 0,02<sup>c</sup></b>	<b>4,72 ± 0,00<sup>d</sup></b>
145	4,90 ± 0,01 <sup>b</sup>	4,85 ± 0,03 <sup>cd</sup>	4,87 ± 0,02 <sup>bc</sup>	4,80 ± 0,03 <sup>e</sup>	<b>4,96 ± 0,02<sup>a</sup></b>	<b>4,85 ± 0,01<sup>cd</sup></b>	<b>4,82 ± 0,01<sup>de</sup></b>	<b>4,67 ± 0,01<sup>f</sup></b>
160	<b>4,79 ± 0,02<sup>b</sup></b>	<b>4,73 ± 0,02<sup>de</sup></b>	<b>4,81 ± 0,03<sup>ab</sup></b>	<b>4,75 ± 0,01<sup>d</sup></b>	4,83 ± 0,03 <sup>a</sup>	4,70 ± 0,01 <sup>e</sup>	4,72 ± 0,03 <sup>de</sup>	4,58 ± 0,01 <sup>f</sup>
175	4,68 ± 0,02 <sup>b</sup>	4,68 ± 0,01 <sup>b</sup>	4,77 ± 0,01 <sup>a</sup>	4,66 ± 0,00 <sup>b</sup>	<b>4,76 ± 0,01<sup>a</sup></b>	<b>4,63 ± 0,02<sup>c</sup></b>	<b>4,63 ± 0,01<sup>c</sup></b>	<b>4,52 ± 0,02<sup>d</sup></b>
205	4,57 ± 0,01 <sup>c</sup>	4,60 ± 0,02 <sup>b</sup>	4,68 ± 0,02 <sup>a</sup>	4,56 ± 0,01 <sup>c</sup>	<b>4,52 ± 0,00<sup>d</sup></b>	<b>4,52 ± 0,01<sup>d</sup></b>	<b>4,53 ± 0,02<sup>d</sup></b>	-
220	<b>4,54 ± 0,00<sup>b</sup></b>	<b>4,58 ± 0,01<sup>a</sup></b>	<b>4,61 ± 0,03<sup>a</sup></b>	<b>4,52 ± 0,01<sup>b</sup></b>	-	-	-	-
235	-	<b>4,53 ± 0,01<sup>a</sup></b>	<b>4,54 ± 0,02<sup>a</sup></b>	-	-	-	-	-

<sup>a-f</sup> Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak gruplar arasında farklılığı ifade etmektedir (p < 0,05). K-Y: kontrol yoğurt, %1 AK-Y: %1 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %2 AK-Y: %2 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %3 AK-Y: %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, K-PY: kontrol probiyotik yoğurt, %1 AK-PY: %1 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %2 AK-PY: %2 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %3 AK- PY: %3 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt

8

**Çizelge 4.11.** Yoğurtların depolama başlangıcında kuru madde, yağ, protein ve kül değerleri

Parametre / Ürün	K-Y	%1 AK-Y	%2 AK-Y	%3 AK-Y	K-PY	%1 AK-PY	%2 AK-PY	%3 AK-PY
<b>Kuru madde</b>	11,53 ± 0,02 <sup>f</sup>	12,37 ± 0,00 <sup>e</sup>	13,00 ± 0,06 <sup>d</sup>	13,66 ± 0,01 <sup>b</sup>	11,39 ± 0,02 <sup>g</sup>	12,42 ± 0,05 <sup>e</sup>	13,21 ± 0,06 <sup>c</sup>	13,83 ± 0,03 <sup>a</sup>
<b>Yağ</b>	2,50 ± 0,10 <sup>a</sup>	2,10 ± 0,10 <sup>cd</sup>	2,00 ± 0,00 <sup>d</sup>	2,30 ± 0,10 <sup>b</sup>	2,60 ± 0,00 <sup>a</sup>	2,20 ± 0,00 <sup>bc</sup>	2,10 ± 0,10 <sup>cd</sup>	2,00 ± 0,00 <sup>d</sup>
<b>Protein</b>	3,08 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,07 ± 0,02 <sup>a</sup>	2,99 ± 0,01 <sup>bc</sup>	3,01 ± 0,02 <sup>b</sup>	3,07 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,98 ± 0,01 <sup>bc</sup>	2,97 ± 0,03 <sup>c</sup>	2,99 ± 0,03 <sup>bc</sup>
<b>Kül</b>	0,71 ± 0,01 <sup>de</sup>	0,70 ± 0,00 <sup>e</sup>	0,71 ± 0,00 <sup>de</sup>	0,73 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,72 ± 0,01 <sup>cd</sup>	0,73 ± 0,00 <sup>bc</sup>	0,75 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,73 ± 0,00 <sup>b</sup>

<sup>a-f</sup> Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak gruplar arasında farklılığı ifade etmektedir (p < 0,05). K-Y: kontrol yoğurt, %1 AK-Y: %1 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %2 AK-Y: %2 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %3 AK-Y: %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, K-PY: kontrol probiyotik yoğurt, %1 AK-PY: %1 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %2 AK-PY: %2 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %3 AK- PY: %3 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt

olarak yazılması gerektiği belirtilmektedir. Vişne posasının yoğurdun fizikokimyasal özellikleri, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, vişne posası eklenen yoğurtlarda kontrol yoğurt örneğine göre yağ, protein ve kül değerlerinin istatistiksel olarak daha düşük olduğu belirtilmiştir. Yaptıkları çalışmada kontrolde %3,80 yağ tespit edilirken, %8 %12 ve %16 vişne posası ilaveli yoğurtların yağ değerleri sırasıyla  $2,85 \pm 0,07$ ;  $2,73 \pm 0,11$  ve  $2,40 \pm 0,28$  olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar bu durumu vişne posasının protein, yağ ve kül içeriğinin düşük olması ile açıklamışlardır (Şengul ve diğerleri, 2012).

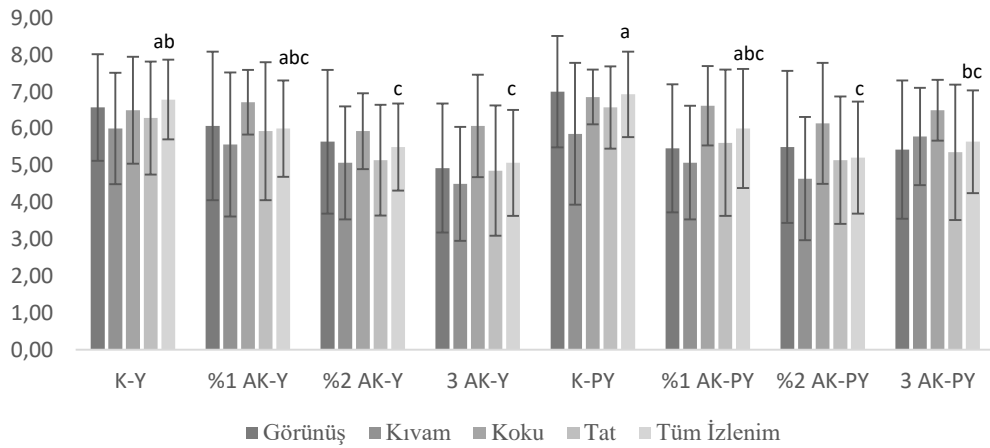
Çalışmada yoğurtların kül değerlerinin %0,70-0,75 arasında olduğu belirlenmiştir. Benzer değerlerin Atwaa ve diğerleri (2022) ve Shalabi'nin (2022) çalışmalarında da tespit edildiği görülmüştür. Ayrıca bu yayınlarda yoğurtta yapılan zenginleştirmelerin kül açısından kontrol grubu ile istatistiksel olarak farklı olmadığı belirtilmiştir.

#### **4.7.3. Duyusal değerlendirme**

Duyusal değerlendirme, gıda endüstrisinde reçete modifikasyonu, ürünlerin kalite kontrolü, pazarlanması ve yeni gıda ürünlerinin kabulünde kilit bir rol oynamaktadır (Munoz, 2002). Yoğurtların duyusal analiz sonuçları Şekil 4.12'de sunulmuştur. Panelistlerin bazıları yoğurtlara ayva kabuğu ilavesini olumlu, bazıları ise olumsuz değerlendirdiklerinden skorlamada standart sapma değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum yoğurtların görünüş, kıvam, tat ve kokuda istatistiksel olarak aynı olarak değerlendirilmesine neden olmuştur. Yoğurtlar tüm izlenim bakımından kıyaslandığında ise K-PY en yüksek skoru alırken ayva kabuğu ilaveli yoğurtların duyusal olarak daha az tercih edildiği tespit edilmiştir. Benzer sonuç iğde unu ile yapılan yoğurtlarda da alınmış, kontrol yoğurt panelistler tarafından daha yüksek puanlanmıştır (Öztürk ve diğerleri, 2018). Laktik asit bakterileri sadece laktozu ve sitratı fermente etmekle kalmaz, aynı zamanda kısa zincirli yağ asitlerini, vitaminleri ve ekzopolisakaritleri düşük miktarlarda sentezlemektedirler, böylece fermente ürünün organoleptik kalitesini ve doku gelişimini etkilemektedirler (de Souza Oliveira, Torres, Perego, de Oliveira ve Converti, 2012). *L. acidophilus* LA-5 ilaveli kontrol yoğurdun daha yüksek skorlanması ürettiği metabolitler ile ilişkili olabilir.

Portakal posası ile üretilen yoğurtların duyuşsal değerlendirmesinde %1 portakal posası ilaveli yoğurdun kontrol ile istatistiksel olarak benzer olduğu, ancak %2 ve üzeri oranında katılan portakal posasının yoğurtların skorlamasında ciddi dūşūşe neden olduğu vurgulanmıştır (Acharjee, Muntazima ve Nandan, 2021). Benzer şekilde elma posasının yoğurtlara %5'e kadar ilavesinin duyuşsal olarak beğenildiği ancak %7,5 ve %10 oranında elma posası ilavesinin dūřuk skorlandığı belirtilmiştir (Issar ve diğerleri, 2017). Limon ve portakal kabuğu ile üretilmiş yoğurtlarda %0,50 oranında turunęgil kabuğu ilavesinin kontrol yoğurt ile benzer puanlandığı ve bu dozun üzerindeki yoğurtların panelistlerden daha dūřuk puan aldığı raporlanmıştır (Fathy, El-maksoud ve Cheng, 2022). Geliřtirilen yeni ürün biyolojik aktif bileşen iğeriği yönünden zenginleştirilirken tüketici beğenisine de kazanmış olmalıdır. Yapılan alışmalar duyuşsal değerlendirme sonuçlarının sağlık faydaları sunan bu katkılarının kullanımını sınırlandırdığını göstermiştir.

### Duyuşsal Analiz



**şekil 4.12.** Yoğurtların duyuşsal analiz sonuçları <sup>a-d</sup> Aynı renkteki barlar üzerinde yer alan farklı harfler istatistiksel olarak gruplar arasında farklılığı ifade etmektedir ( $p < 0,05$ ). K-Y: kontrol yoğurt, %1 AK-Y: %1 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %2 AK-Y: %2 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %3 AK-Y: %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, K-PY: kontrol probiyotik yoğurt, %1 AK-PY: %1 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %2 AK-PY: %2 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %3 AK-PY: %3 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt.

Panelistlerin ürün satın alma verileri incelendiğinde 14 panelistten 10 panelistin kontrol ya da probiyotik bakteri içeren kontrol yoğurdu tercih ettiği belirlenmiştir. Bu çalışmada endüstriye uygulanabilirliği açısından AK ekstraktı yerine, AK'nın kendisi yoğurtlara ilave edilmiştir. Ancak AK tozunun pütürlü yapısı yoğurt tüketiminde hoş



karşılanmamıştır. Bu nedenle yüksek TFM miktarına ve biyolojik aktiviteye sahip AK'nın yoğurtta tercih edilebilirliğini arttırmak adına, ayva posası ile birlikte ya da ekstraktın doğrudan kullanımı önerilebilir.

#### **4.7.4. Depolama analizleri**

##### **4.7.4.1. Yoğurtlarda post-asidifikasyon**

Fermente süt ürünlerinin depolama, nakliye ve satışı sırasında aside yüksek tolerans gösteren *L. bulgaricus* başta olmak üzere laktik asit bakterileri tarafından laktik asit üretimi devam etmektedir. Yüksek miktarda üretilen laktik asit yoğurdun tadının ekşimesi ile sonuçlanmaktadır. Bu olguya post-asidifikasyon denilmektedir (Deshwal, Tiwari, Kumar, Raman ve Kadyan, 2022).

Yoğurtların soğuk depolama boyunca pH ve titre edilebilir asitlik sonuçları Çizelge 4.12' de verilmiştir. Depolamanın 1. gününde yapılan pH analizinde probiyotik ilave edilmeyen yoğurtların istatistiksel olarak probiyotik katkılı yoğurtlara göre daha yüksek pH değerine sahip olduğu, *L. acidophilus* LA-5 kültürünün yoğurtların asitlik gelişimine katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir. Ancak aynı durum depolamanın 14. ve 28. günlerinde görülmemiştir. Hem probiyotik içeren hem de içermeyen kontrol grubu yoğurtlarda istatistiksel olarak diğer gruplara kıyasla daha yüksek pH değerleri ölçülmüştür ( $p < 0,05$ ). Yoğurtların genel olarak 14. günlerinde depolama başlangıcına göre istatistiksel olarak anlamlı bir asitlik gelişimi olduğu ancak 14. ve 28. gün pH değerlerinin benzer olduğu tespit edilmiştir. Sadece %2 AK-PY ve %3 AK-PY ürünlerinde 28 gün boyunca asitlik gelişimi devam etmiştir. Bu durum *L. acidophilus*'un AK'yı besin kaynağı olarak kullanması ve fermentasyona devam ettmesi ile açıklanabilir. Literatürde farklı katkıları ile zenginleştirilmiş yoğurtların post-asidifikasyon sonuçları oldukça farklılık göstermektedir. İğde unu ilaveli yoğurtların depolama boyunca pH değerleri ölçülmüş ve kabuğu soyulmuş %1 ve %2 oranında iğde unu katkılı yoğurtların 28 gün boyunca pH değerlerinin sabit kaldığı ancak kabuğu soyulmamış %1 ve %2 oranında iğde unu ilave edilmiş yoğurtlarda ilk 14 gün pH'da değişimin görülmediği, 28. günde pH değerinde düşüşün olduğu raporlanmıştır. Araştırmacılar bu durumu *L. bulgaricus* sayısı ile ilişkilendirmişlerdir (Öztürk ve diğerleri, 2018). Jiménez-Redondo ve diğerleri (2022),

tarçın ilaveli yoğurtlarda depolamanın başlangıcında ve 30. gününde pH değerlerinin %0,5 ilaveli yoğurtlarda düştüğünü %1,5 ilaveli yoğurtlarda arttığını belirlemişlerdir. Bu durum %1,5 oranında ilave edilen tarçının laktik asit bakterilerinin gelişimi üzerinde olumsuz etkisi olduğu ve bu etkinin tarçında bulunan başlıca sinamaldehit ve öjenol fenolik bileşiklerinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır. Portakal posası ilaveli yoğurtlarda ise tüm katılan portakal posası oranlarında (%1, %2, %3), depolama süresince pH değerinin düştüğü belirtilmiştir.

Yoğurtların laktik asit cinsinden titre edilebilir asitlik değerlerinde ise depolamanın 1. gününde AK ilaveli probiyotik yoğurtların değerleri daha yüksek bulunmuştur. Ancak pH sonuçlarında olduğu gibi titre edilebilir asitlik değerlerinde de depolamanın 14. ve 28. günlerinde AK ilaveli probiyotik yoğurtlar ile diğer yoğurtlar arasında belirgin bir farklılık görülmemiştir. pH sonuçları ile uyumlu olarak laktik asit cinsinden titre edilebilir asitlik değerlerinin genel olarak 14. ve 28. günde istatistiksel olarak benzer olduğu ve depolama başlangıcına kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Benzer durumun üzüm posası ilaveli yoğurtlarda da tespit edildiği raporlanmıştır. Depolamanın 1. gününde % 0,74 – 0,93 arasında olan titre edilebilir asitlik değerleri 21. günde % 0,88 – 1,07 arasında değişmiştir (Demirkol ve Tarakci, 2018). Başka bir çalışmada *Rosaceae* familyasının bir üyesi olan erikten konsantre meyve suyu elde edilmiş ve yoğurtlara %9 oranında ilave edilmiştir. Post-asidifikasyonun 3 günde bir değerlendirildiği bu çalışmada, depolamanın ilk 10 gününde titre edilebilir asitliğin arttığı, ardından 16. güne kadar sabit kaldığı ve 24 güne kadar tekrar artışın olduğu belirtilmiştir (Hernández-Herrero ve Frutos, 2014).

#### **4.7.4.2. Sinerezis**

Sinerezis, serum ayrılması olarak da bilinen, kazein misellerinin destabilizasyonu sonucu meydana gelen yoğurtta istenmeyen bir olgudur. Sinerezis, jel ağının zayıflaması nedeniyle yoğurt jelinin serum fazını tutma yeteneğinin kaybolması ile oluşmaktadır (Vital Pelaez ve diğerleri, 2015; Wang ve diğerleri, 2020).

Sinerezis verileri incelendiğinde, depolama başlangıcında %3 AK-Y, %3 AK-PY ve %2 AK-Y kodlu yoğurtlarda diğer gruplara kıyasla daha fazla serum ayrılması tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 4.13). Depolamanın 14. ve 28. günlerinde ise %3 AK-Y

kodlu yoğurt en fazla su salmanın tespit edildiği deneme grubu olmuştur. Probiyotik içeren ve içermeyen kontrol grubu yoğurtların sinerezis değerlerinin tüm ölçüm zamanlarında genel olarak en düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Sinerezisin sütün protein ve kuru madde içeriği, homojenizasyon işlemi, ısı işlem, serum proteinlerinin denatürasyonu, sütün mineral içeriği, yoğurdun asitliği ve depolama sıcaklığından etkilendiği bilinmektedir. Genel olarak yoğurda meyve ve sebze ilavesinin su tutma kapasitesini arttıracığı çünkü bu maddelerin yoğurtta kuru madde artışına neden olduğu ayrıca sebze ve meyvelerden gelen pektinin de yoğurda yapı kazandıracağı düşünülmektedir. Ancak yüksek asitliğin yoğurtlarda sinerezisi arttıran en önemli faktörlerden biri olduğu birçok çalışmada vurgulanmıştır (Acharjee ve diğerleri, 2021; Yıldız ve Özcan, 2019). Bu durum izoelektrik pH değeri sonrasındaki asitlik artışının kazeinin stabilitesini bozmasına neden olmakta ve meydana gelen kazein destabilizasyonu da pıhtılaşmada zayıflama, su tutma kapasitesinde azalma ile sonuçlanmaktadır. Yoğurtların pH ve sinerezis verileri birlikte incelendiğinde verilerin normal dağılıma uymaması sebebiyle parametrik olmayan spearman's korelasyon testi ile ilişkileri değerlendirilmiştir. Korelasyon katsayısı -0,303 olarak belirlenmiş, istatistiksel olarak anlamlı negatif korelasyon ilişkisine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç asitlik artışının sinerezisi arttırdığını doğrular niteliktedir.

Depolama boyunca tüm ürünlerde depolama başlangıcında ve depolamanın 14. gününde sinerezis değerleri istatistiksel olarak sabit kalırken, 28. günde artmıştır. Bu durum 28. günde tüm ürünlerde görülen düşük pH değerleri ile açıklanabilir.

Ürkek, Şengül, Aktaş ve Gürbüz (2019), %2, %4 ve %6 oranında ayva tozunu yoğurt sütüne pastörizasyon öncesinde ilave etmişler ve yoğurtların fizikokimyasal, reolojik ve mikrobiyolojik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada elde ettiğimiz bulguların aksine, bu çalışmada en yüksek serum ayrılmasının kontrol grubunda görüldüğü ve depolanmanın sinerezisi etkilemediğini belirtmişlerdir.

**Çizelge 4.12.** Yoğurtların depolama boyunca pH ve titre edilebilir asitlik (% laktik asit cinsinden) sonuçları

Ürünler /Gün	pH			Titre edilebilir asitlik (% laktik asit cinsinden)		
	1	14	28	1	14	28
K-Y	4,44 ± 0,01 <sup>aA</sup>	4,22 ± 0,01 <sup>aB</sup>	4,23 ± 0,02 <sup>aB</sup>	0,73 ± 0,01 <sup>cB</sup>	0,79 ± 0,02 <sup>dAB</sup>	0,83 ± 0,00 <sup>fA</sup>
%1 AK-Y	4,43 ± 0,01 <sup>aA</sup>	4,13 ± 0,01 <sup>eB</sup>	4,14 ± 0,02 <sup>cdB</sup>	0,73 ± 0,01 <sup>cB</sup>	0,90 ± 0,00 <sup>aA</sup>	0,89 ± 0,00 <sup>cdA</sup>
%2 AK-Y	4,44 ± 0,01 <sup>aA</sup>	4,16 ± 0,00 <sup>cdB</sup>	4,15 ± 0,01 <sup>bcB</sup>	0,74 ± 0,00 <sup>cC</sup>	0,87 ± 0,00 <sup>bcB</sup>	0,91 ± 0,00 <sup>bA</sup>
%3 AK-Y	4,43 ± 0,00 <sup>aA</sup>	4,12 ± 0,01 <sup>cdB</sup>	4,10 ± 0,02 <sup>dB</sup>	0,77 ± 0,00 <sup>bbB</sup>	0,88 ± 0,03 <sup>abcAB</sup>	0,89 ± 0,01 <sup>dA</sup>
K-PY	4,38 ± 0,01 <sup>bA</sup>	4,13 ± 0,00 <sup>eB</sup>	4,18 ± 0,02 <sup>bbB</sup>	0,77 ± 0,00 <sup>bbB</sup>	0,86 ± 0,00 <sup>cA</sup>	0,86 ± 0,01 <sup>eA</sup>
%1 AK-PY	4,37 ± 0,00 <sup>bA</sup>	4,15 ± 0,01 <sup>dB</sup>	4,15 ± 0,00 <sup>bcB</sup>	0,83 ± 0,00 <sup>aB</sup>	0,89 ± 0,00 <sup>abA</sup>	0,89 ± 0,00 <sup>cdA</sup>
%2 AK-PY	4,39 ± 0,00 <sup>bA</sup>	4,17 ± 0,00 <sup>eB</sup>	4,11 ± 0,00 <sup>dC</sup>	0,84 ± 0,02 <sup>aB</sup>	0,89 ± 0,01 <sup>abB</sup>	0,93 ± 0,01 <sup>aA</sup>
%3 AK-PY	4,37 ± 0,00 <sup>bA</sup>	4,20 ± 0,00 <sup>bbB</sup>	4,14 ± 0,02 <sup>cdC</sup>	0,83 ± 0,00 <sup>aB</sup>	0,88 ± 0,01 <sup>abcAB</sup>	0,90 ± 0,00 <sup>bcA</sup>

<sup>a-f</sup> Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak gruplar arasında farklılığı ifade etmektedir (p < 0,05). <sup>A-C</sup> Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak ölçüm zamanları arasındaki farklılığı ifade etmektedir. K-Y: kontrol yoğurt, %1 AK-Y: %1 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %2 AK-Y: %2 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %3 AK-Y: %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, K-PY: kontrol probiyotik yoğurt, %1 AK-PY: %1 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %2 AK-PY: %2 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %3 AK-PY: %3 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt

**Çizelge 4.13.** Yoğurtların depolama boyunca sinerezis (%) sonuçları

Ürünler/Gün	Sinerezis (%)		
	1	14	28
K-Y	12,82 ± 0,98 <sup>bbB</sup>	12,14 ± 0,75 <sup>deB</sup>	14,62 ± 0,95 <sup>eA</sup>
%1 AK-Y	11,82 ± 0,10 <sup>bbB</sup>	14,79 ± 1,10 <sup>baB</sup>	17,93 ± 0,69 <sup>daA</sup>
%2 AK-Y	15,99 ± 0,45 <sup>aB</sup>	13,95 ± 1,08 <sup>bcB</sup>	21,67 ± 0,69 <sup>baA</sup>
%3 AK-Y	15,48 ± 0,87 <sup>aB</sup>	17,76 ± 0,04 <sup>aB</sup>	22,69 ± 0,53 <sup>aA</sup>
K-PY	12,77 ± 0,52 <sup>bbB</sup>	11,62 ± 0,78 <sup>eB</sup>	15,00 ± 0,37 <sup>eA</sup>
%1 AK-PY	12,22 ± 1,09 <sup>bbB</sup>	11,88 ± 0,28 <sup>deB</sup>	19,53 ± 0,36 <sup>eA</sup>
%2 AK-PY	13,03 ± 0,13 <sup>bbB</sup>	13,91 ± 0,51 <sup>bcB</sup>	18,20 ± 0,22 <sup>daA</sup>
%3 AK-PY	15,42 ± 0,27 <sup>aB</sup>	13,14 ± 0,61 <sup>cdB</sup>	19,25 ± 0,14 <sup>eA</sup>

<sup>a-e</sup> Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak gruplar arasındaki farklılığı ifade etmektedir (p < 0,05). <sup>A-B</sup> Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak ölçüm zamanları arasındaki farklılığı ifade etmektedir. K-Y: kontrol yoğurt, %1 AK-Y: %1 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %2 AK-Y: %2 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %3 AK-Y: %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, K-PY: kontrol probiyotik yoğurt, %1 AK-PY: %1 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %2 AK-PY: %2 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %3 AK-PY: %3 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt

*Rosaceae* familyasının bir üyesi olan erik (%10, %15 ve %20) ile üretilen yoğurtlarda en yüksek sinerezis değerinin %20 erik ilaveli yoğurtta tespit edildiği raporlanmıştır. Araştırmacılar bu durumu meyve parçalarının kazein miselleri arasında boşluk bırakarak jel gücünü zayıflatması ile açıklamışlardır (Arora, Chaudhary, Yadav, Singh ve Bathla, 2021).

Elma posası ile üretilmiş yoğurtlarda doza bağlı olarak yoğurda ilave edilen elma posası dozu arttıkça sinerezisin azaldığı, en az sinerezisin %3 oranında ilave edilen yoğurtlarda görüldüğü ve %3 oranının elma posası ilavesinin serum ayrılmasını kontrole göre yaklaşık yarısı kadar azalttığı belirtilmiştir. Ayrıca tüm deneme gruplarında raf ömrü sonunda en yüksek serum ayrılmasının saptandığı raporlanmıştır (Wang ve diğerleri 2020).

Yapılan çalışmada probiyotik bakteri ilavesinin sinerezisi azalttığı düşünülmektedir. %1 AK-PY hariç diğer probiyotik yoğurtlarda %2 ve %3 ayva kabuğu tozu ilaveli probiyotik bakteri içermeyen gruplara kıyasla daha az miktarda serum ayrılması görülmüştür. Probiyotik bakteri içeren kontrol grubu yoğurt 14. günde en az sinerezis değerine sahip gruptur ( $p < 0,05$ ). Depolamanın 28. gününde en düşük serum ayrılmasının görüldüğü deneme grubu da kontrol örneği ile birlikte probiyotik bakteri içeren kontrol grubu yoğurttur. Bu sonuçlar probiyotik bakterilerin ekzopolisakkarit (EPS) üretme yeteneği ile açıklanabilir. Benzer durum Wang ve diğerlerinin (2019) çalışmasında da tespit edilmiştir.

#### **4.7.4.3. Yoğurtların renk özellikleri**

Renk, gıdaların tüketiciler tarafından algılanan ilk duyuşsal özelliğidir ve bu nedenle genellikle tüketicinin tercihini etkilemektedir. Yoğurtların renk tayini depolamanın 1., 14. ve 28. günlerinde yapılmış ve değerler Çizelge 4.14'te sunulmuştur. Renk üç boyut ile ifade edilmektedir.  $L^*$  değeri 0-100 aralığında değişmekte ve parlaklığı göstermektedir.  $a^*$  değerinin yeşil (-60) veya kırmızılığı (+60) ve  $b^*$  değerinin ise mavi (-60) veya sarılığı (+60) temsil ettiği bilinmektedir. Ton açısı değeri ( $H^\circ$ ) ve kroma değerleri  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinden hesaplanmaktadır ( $H^\circ = \tan^{-1} b^*/a^*$ )( $C = [a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$ ). Ton açısı değeri ( $h^\circ$ ) numune rengini ( $0^\circ$  veya  $360^\circ =$  kırmızı,  $90^\circ =$  sarı,  $180^\circ =$  yeşil,  $270^\circ =$  mavi) ve

kroma ise renk saflığını veya doygunluğunu göstermektedir. Kromanın yüksek değerleri daha canlı renk olarak nitelendirilmektedir (Hernández-Herrero ve Frutos, 2014).

AK tozunun  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri sırasıyla  $42,62 \pm 1,10$ ;  $5,87 \pm 0,33$  ve  $11,68 \pm 0,96$  olarak ölçülmüştür. Su stresinin ayvanın uçucu bileşenleri, duyu ve kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, kontrol grubu ayvanın kabuğunun değerleri sırasıyla 73,04; -1,39 ve 56,14 olarak ölçüldüğü belirtilmiştir (Griñán ve diğerleri, 2019). AK'nın altın sarısı renkte olduğu bilinmektedir ve bu çalışmada ölçülen  $b^*$  değerinin 60 değerine yakınlığı ayvanın sarı rengiyle ilişkilidir. Ancak meyvenin kesilmesi sonrasında, açık sarı renkli meyve etinin ve sarı renkli kabuğunun çok çabuk karardığı, bu duruma içerdiği polifenolik bileşiklerin ışık varlığında polifenol oksidaz ile oksidasyonun neden olduğu bildirilmiştir (Najman ve diğerleri, 2023). Soyulmuş ayve eti ve toz hale getirilmiş ayvanın renk değerlerinin verildiği çalışmada, tepsili kurutucu kullanılarak kurutulup toz hale getirilen ayvanın  $L^*$  ve  $b^*$  azalış gösterirken,  $a^*$  değerinde artış tespit edilmiştir (Burak ve diğerleri, 2020). Kurutmanın aydınlık ve sarılığı azaltırken, kırmızılığı arttırması gerçekleşen oksidasyon sebebiyle beklenen bir durumdur. Mevcut çalışmada da benzer değerlerde azalış ve artış görülmüştür.

Örneklerin  $L^*$  değerleri incelendiğinde, depolamanın 1. gününde kontrol grubu yoğurtların (K-Y ve K-PY) en yüksek, %1 ve %2 ayva kabuğu ilaveli yoğurtların (%1 AK-Y, %1 AK-PY, %2 AK-Y ve %2 AK-PY) aynı ve %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurtların ise en düşük  $L^*$  değerine sahip olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). K-PY kodlu yoğurdun  $a^*$  değerinin K-Y'den istatistiksel olarak daha düşük olduğu ve ayva kabuğu dozu arttıkça yoğurtların kırmızılığa yaklaştığı belirlenmiştir. %1 AK-Y ile %1 AK-PY'nin  $a^*$  değeri istatistiksel olarak benzerken, %2 AK-PY'de belirlenen kırmızılık değerinin %3 AK-Y ile benzer olduğu saptanmıştır. En yüksek  $a^*$  değeri ise %3 AK-PY'de ölçülmüştür. Sarılığı ifade eden  $b^*$  değerleri kıyaslandığında, diğer renk parametrelerinde olduğu gibi  $b^*$  değerlerinin gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir ( $p < 0,05$ ). Kontrol grubu yoğurtlarda  $b^*$  değeri en düşük ölçülürken %1 ve %2 ayva kabuğu ilaveli yoğurtların kendi aralarında benzer sarılık değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak %3 AK-Y'nin %2 AK ilaveli yoğurtlar ile aynı sarılık değerinde olduğu, %3 AK-PY'nin ise en yüksek  $b^*$  değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.14.** Yoğurtların depolama boyunca renk değerleri

Ürünler	Gün	L*	a*	b*	C	h°
K-Y	1	59,84 ± 0,51 <sup>aA</sup>	10,76 ± 0,26 <sup>eA</sup>	12,46 ± 0,21 <sup>dA</sup>	16,46 ± 0,31 <sup>dA</sup>	49,20 ± 0,30 <sup>dB</sup>
%1 AK-Y		57,40 ± 0,84 <sup>bA</sup>	12,55 ± 0,49 <sup>dA</sup>	15,40 ± 0,33 <sup>cA</sup>	19,86 ± 0,55 <sup>cA</sup>	50,84 ± 0,57 <sup>cA</sup>
%2 AK-Y		55,32 ± 0,07 <sup>bA</sup>	13,36 ± 0,14 <sup>cA</sup>	16,78 ± 0,29 <sup>bA</sup>	22,03 ± 0,38 <sup>bA</sup>	50,61 ± 0,25 <sup>dB</sup>
%3 AK-Y		52,79 ± 0,70 <sup>cA</sup>	14,27 ± 0,26 <sup>bA</sup>	16,59 ± 0,11 <sup>bA</sup>	21,31 ± 0,17 <sup>bA</sup>	51,16 ± 0,14 <sup>cB</sup>
K-PY		59,89 ± 1,59 <sup>aAB</sup>	6,46 ± 0,42 <sup>fB</sup>	12,77 ± 0,31 <sup>dA</sup>	14,31 ± 0,46 <sup>eA</sup>	63,22 ± 0,97 <sup>aB</sup>
%1 AK-PY		56,70 ± 0,99 <sup>bA</sup>	12,10 ± 0,10 <sup>dA</sup>	15,64 ± 0,12 <sup>cA</sup>	19,78 ± 0,13 <sup>dA</sup>	52,29 ± 0,27 <sup>bA</sup>
%2 AK-PY		55,47 ± 1,50 <sup>bA</sup>	14,15 ± 0,04 <sup>bA</sup>	16,49 ± 0,34 <sup>bA</sup>	21,74 ± 0,24 <sup>bA</sup>	49,36 ± 0,63 <sup>dB</sup>
%3 AK-PY		51,43 ± 1,00 <sup>cA</sup>	15,37 ± 0,16 <sup>aA</sup>	17,43 ± 0,31 <sup>aA</sup>	23,24 ± 0,31 <sup>aA</sup>	48,59 ± 0,38 <sup>dB</sup>
K-Y		14	59,51 ± 0,45 <sup>bA</sup>	2,39 ± 0,16 <sup>fC</sup>	9,02 ± 0,14 <sup>eB</sup>	9,60 ± 0,20 <sup>dB</sup>
%1 AK-Y	52,59 ± 0,60 <sup>cdA</sup>		8,36 ± 0,11 <sup>dB</sup>	11,46 ± 0,11 <sup>dC</sup>	14,19 ± 0,03 <sup>cB</sup>	53,89 ± 0,62 <sup>cA</sup>
%2 AK-Y	50,91 ± 0,47 <sup>deAB</sup>		9,11 ± 0,06 <sup>cB</sup>	11,81 ± 0,12 <sup>dC</sup>	14,91 ± 0,10 <sup>cC</sup>	52,34 ± 0,29 <sup>dA</sup>
%3 AK-Y	46,76 ± 0,38 <sup>fB</sup>		10,45 ± 0,57 <sup>aB</sup>	14,76 ± 0,85 <sup>aAB</sup>	18,09 ± 1,01 <sup>aA</sup>	54,71 ± 0,54 <sup>cA</sup>
K-PY	63,02 ± 0,45 <sup>aA</sup>		3,28 ± 0,18 <sup>eB</sup>	8,74 ± 0,09 <sup>eB</sup>	9,06 ± 0,13 <sup>dB</sup>	74,71 ± 0,86 <sup>aA</sup>
%1 AK-PY	52,95 ± 1,74 <sup>cAB</sup>		8,33 ± 0,27 <sup>dB</sup>	11,93 ± 0,21 <sup>dC</sup>	14,55 ± 0,29 <sup>cC</sup>	55,08 ± 0,69 <sup>cA</sup>
%2 AK-PY	51,89 ± 0,68 <sup>cdAB</sup>		9,82 ± 0,10 <sup>bB</sup>	12,71 ± 0,11 <sup>cC</sup>	16,06 ± 0,09 <sup>bB</sup>	52,30 ± 0,43 <sup>dA</sup>
%3 AK-PY	49,70 ± 0,51 <sup>eA</sup>		10,26 ± 0,18 <sup>abC</sup>	13,42 ± 0,15 <sup>bC</sup>	16,89 ± 0,23 <sup>bC</sup>	52,61 ± 0,20 <sup>dA</sup>
K-Y	28		49,96 ± 1,65 <sup>abB</sup>	8,94 ± 0,53 <sup>fA</sup>	10,64 ± 0,39 <sup>eAB</sup>	13,90 ± 0,63 <sup>eA</sup>
%1 AK-Y		47,66 ± 0,92 <sup>bcB</sup>	10,93 ± 0,35 <sup>dA</sup>	12,74 ± 0,13 <sup>cB</sup>	16,79 ± 0,33 <sup>cA</sup>	49,40 ± 0,62 <sup>abcA</sup>
%2 AK-Y		47,85 ± 0,68 <sup>bcB</sup>	11,98 ± 0,39 <sup>cA</sup>	13,61 ± 0,25 <sup>bB</sup>	18,13 ± 0,44 <sup>bB</sup>	48,65 ± 0,44 <sup>bcB</sup>
%3 AK-Y		47,61 ± 1,24 <sup>bcB</sup>	12,84 ± 0,58 <sup>bAB</sup>	14,83 ± 0,24 <sup>aB</sup>	19,60 ± 0,56 <sup>aA</sup>	49,11 ± 0,79 <sup>abcB</sup>
K-PY		50,90 ± 1,66 <sup>aB</sup>	10,03 ± 0,13 <sup>eA</sup>	11,83 ± 0,27 <sup>dA</sup>	15,51 ± 0,28 <sup>dA</sup>	49,71 ± 0,30 <sup>abC</sup>
%1 AK-PY		47,58 ± 0,42 <sup>bcB</sup>	12,48 ± 0,13 <sup>bcA</sup>	14,03 ± 0,11 <sup>bB</sup>	18,61 ± 0,29 <sup>bB</sup>	48,36 ± 0,16 <sup>cB</sup>
%2 AK-PY		47,71 ± 0,95 <sup>bcB</sup>	13,00 ± 0,23 <sup>bA</sup>	15,01 ± 0,35 <sup>aB</sup>	20,43 ± 0,52 <sup>aA</sup>	47,29 ± 0,16 <sup>dB</sup>
%3 AK-PY		47,19 ± 0,34 <sup>cA</sup>	13,86 ± 0,39 <sup>aB</sup>	14,97 ± 0,13 <sup>aB</sup>	19,83 ± 0,25 <sup>aB</sup>	49,02 ± 0,27 <sup>abcB</sup>

<sup>a-f</sup> Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak gruplar arasındaki farklılığı ifade etmektedir (p < 0,05). <sup>A-B</sup> Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak ölçüm zamanları arasındaki farklılığı ifade etmektedir. K-Y: kontrol yoğurt, %1 AK-Y: %1 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %2 AK-Y: %2 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %3 AK-Y: %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, K-PY: kontrol probiyotik yoğurt, %1 AK-PY: %1 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %2 AK-PY: %2 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %3 AK- PY: %3 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt

Depolamanın 14. gününde ise K-PY'nin K-Y'den daha beyaz olduğu, AK ilavesi arttıkça beyazlığın azaldığı ve en düşük  $L^*$  değerinin  $46,76 \pm 0,38$  ile %3 AK-Y kodlu yoğurtta ölçüldüğü saptanmıştır. En yüksek  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri de en yüksek oranda AK katkılı yoğurtlarda tespit edilmiş ve kontrol gruplarına yaklaştıkça  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin azaldığı görülmüştür ( $p < 0,05$ ). Bazı gruplarda probiyotik yoğurtların  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri probiyotik bakteri içermeyen yoğurtlara göre daha yüksek bulunmuştur.

Depolamanın 28. gününde ise yoğurtların  $L^*$  değerlerinin  $47,19 \pm 0,34$  ile  $50,90 \pm 1,66$  arasında değiştiği, K-PY ve %3 AK-PY nin  $L^*$  değerlerinin diğer örnek gruplarından istatistiksel olarak farklı olduğu ancak diğer denemelerin benzer beyazlık değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. En düşük  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin diğer ölçüm zamanlarında olduğu gibi kontrol grubu örneklerde ölçüldüğü ve genel olarak aynı örnek grupları birbirleri ile kıyaslandığında probiyotik yoğurtların daha yüksek  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak AK ilavesinin yoğurtların  $L^*$  değerlerini azalttığı,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerini ise arttırdığı söylenebilir. AK'nın rengi sarı renkte olup kuruma işlemi sırasında meydana gelen enzimatik reaksiyon (polifenol oksidaz enziminin etkisi) ve enzimatik olmayan esmerleşmenin (Maillard reaksiyonu) etkileri sonucu daha kırmızı-kahverengi renge dönüşmektedir. Bu nedenle AK ilavesinin yoğurtlarda beyazlığı azaltıp, kırmızılık ve sarılığı arttırması beklenen bir durumdur. Bouacida ve diğerlerinin (2022) yaptığı çalışmada, yaban mersini ilave edilmiş yoğurtlarda kontrol örneğine kıyasla  $L^*$  değerinin azaldığı,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin ise arttığı raporlanmıştır. Kayısı posası ilaveli yoğurtlarda en yüksek  $L^*$  değerinin kontrol grubu yoğurtta alındığı, kayısı ilave oranı arttıkça  $L^*$  değerinin azalıp,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin arttığı belirtilmiştir (Karaca, Güzeler, Tangüler, Yasar ve Akın, 2019). Bu sonuçların elde ettiğimiz bulgular ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çalışmada yoğurtların depolama süresince  $L^*$  değerlerinde azalma belirlenmiştir. Bu durumyoğurdun beyaz görünümüne katkıda bulunan yağ globülleri ve kazein misellerinin pH düşüşü sebebiyle yapısal değişikliklere uğraması kaynaklı olabilir. Perez, Arteaga, Andrade, Durango ve Salcedo (2021), asitlik artışının  $L^*$  değerinde azalmaya neden



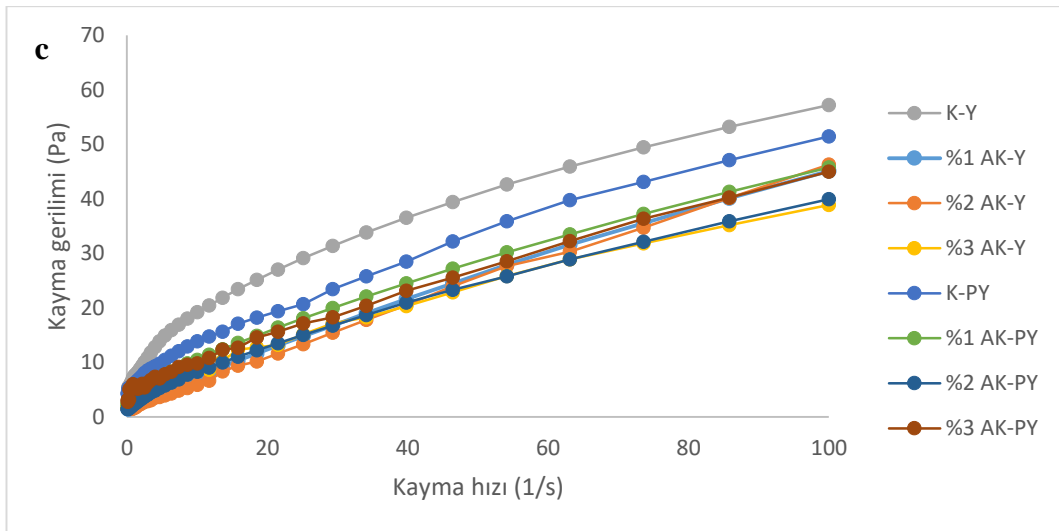
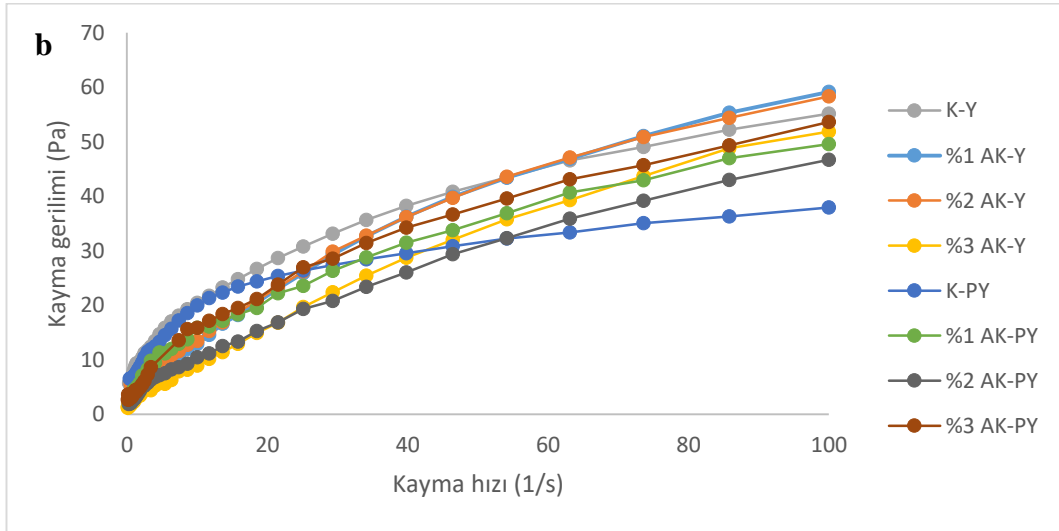
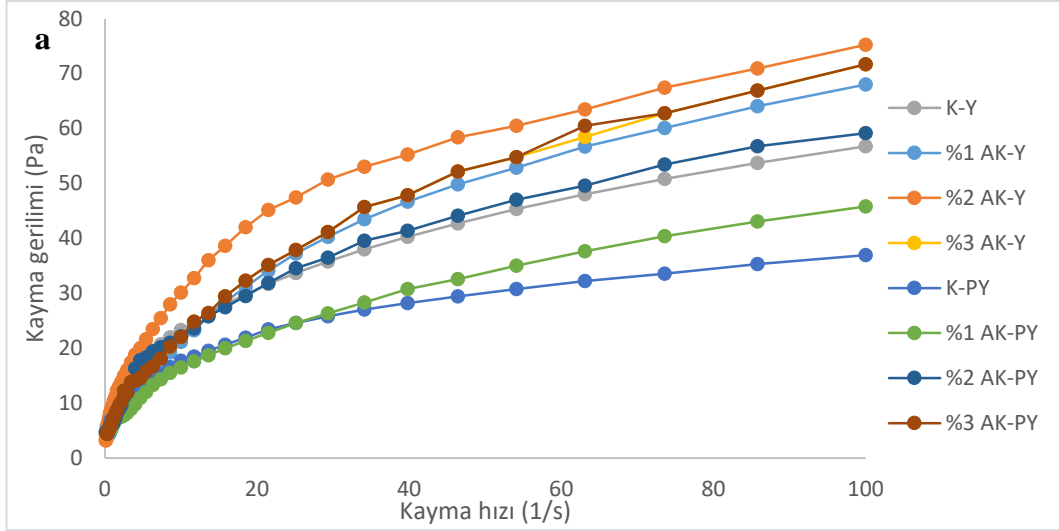
olduğunu bildirmişlerdir.  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin ise genel olarak depolama başlangıcı ve sonunda daha çok benzer ancak 14. günde bu değerlerin diğer ölçüm zamanlarından daha düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Ton açısı ve kroma değerleri bakımından örneklerin AK oranı arttıkça sarıdan uzaklaşıp kırmızıya yaklaştığı ve daha canlı görüldüğü belirlenmiştir.

#### 4.7.4.4. Yoğurtların reolojik ve tekstür özellikleri

Reolojik ve tekstürel özellikler, duyuşsal değerlendirmede ve tüketici kabulünde önemli rol oynamaktadır. Yoğurt yapısını sütün protein oranı, kullanılan kültürlerin asitlik geliştirme hızı ve proteolitik aktivitelerinin belirlediği ifade edilmiştir (Sah ve diğerleri, 2016). Yoğurtta en sık görülen kusurların, düşük viskozite ve sıklık veya sinerezis olduğu bildirilmiştir (Vital ve diğerleri, 2015).

Yoğurtların depolama boyunca kayma hızına karşılık kayma gerilimi grafikleri Şekil 4.13'te sunulmuştur. Ayrıca Herschel-Bulkley modeline göre reolojik parametre değerleri de Çizelge 4.15'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre tüm yoğurtların Newton olmayan pseudoplastik davranış sergiledikleri, düşük kayma kuvvetinde yüksek viskozite, yüksek kayma kuvvetinde düşük viskozite akış tipine sahip oldukları saptanmıştır. Yoğurtların  $n$  değerlerinin tüm ölçüm zamanlarında 0,53-0,79 arasında değiştiği belirlenmiştir ( $n < 1$ ). Beklendiği gibi düşük viskozitenin göstergesi olan en düşük  $K$  ve en yüksek  $n$  değerleri, yoğurtların 28. gününde elde edilmiştir.

Herschel-Bulkley modelinde yüksek  $K$  değerinin daha viskoz bir ürün ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Gul, Saricaoglu ve Atalar, 2021).  $K$  değerinin genel olarak depolama ile azaldığı görülmektedir. Ürünlerin depolama başlangıcında  $K$  değerleri istatistiksel olarak oldukça benzerken depolamanın 14. ve 28. günlerinde gruplar arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Raf ömrü sonunda ürünlerin  $K$  değerlerinin  $0,720 \pm 0,045$  ile  $3,493 \pm 0,244$  arasında değiştiği, en düşük  $K$  değerinin %3 AK-Y kodlu üründe ölçüldüğü tespit edilmiştir. Bu bulgu sinerezis sonucunu desteklemektedir. Ayrıca yoğurtların 1. ve 14. günlerinde *L. acidophilus* LA-5 ilavesinin etkisi görülmezken,



**Şekil 4.13.** Yoğurtların depolanmanın a) 1.gün b) 14.gün ve c) 28. günündeki kayma hızına (1/s) karşılık kayma gerilimi (Pa) değerleri

depolama sonunda özellikle ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurtlarda daha kıvamlı ürün yapısı edilmiştir. Ürünlerin *L. acidophilus* LA-5 sayımları incelendiğinde kontrol grupta raf ömrü sonunda *L. acidophilus* LA-5 sayısında dramatik düşüşün yaşandığı ancak ayva kabuğu ilaveli ürünlerde *L. acidophilus* LA-5 popülasyonunun stabil kaldığı belirlenmiştir. Probiyotik kontrol grubu yoğurdun raf ömrü sonundaki düşük kıvam değeri *L. acidophilus* LA-5 sayısının düşüklüğü ile ilişkili olabilir.

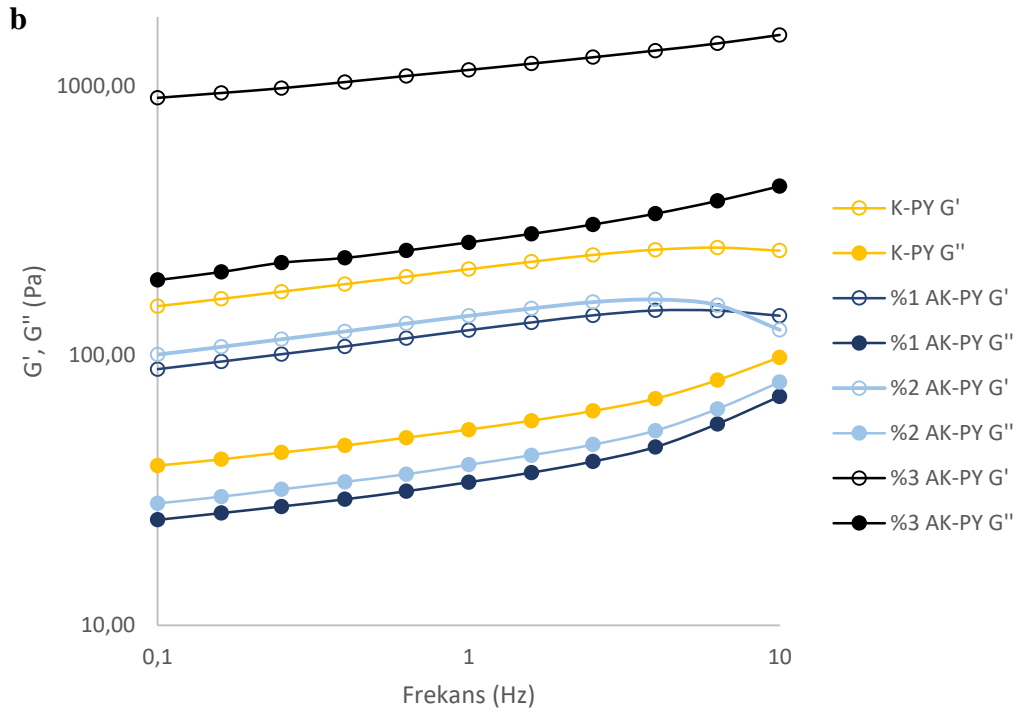
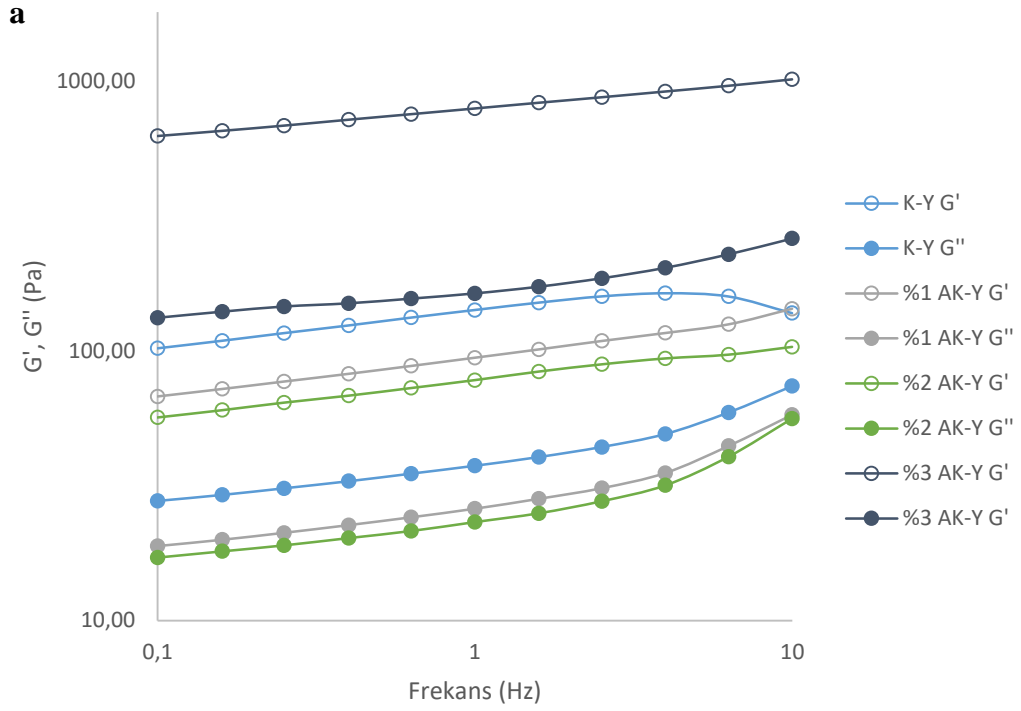
Diğer bir parametre olan akma geriliminin ( $\tau_0$ ) yüksek değerleri yapının kararlılığını ortaya koymaktadır. Yüksek akma gerilimi, akışın başlaması için daha büyük kayma geriliminin gerekli olduğu anlamına gelmektedir (Chetachukwu, Thongraung ve Yupanqui 2019). Genel olarak kontrol grubu yoğurtlarda diğer gruplara kıyasla daha yüksek akma geriliminin olduğu tespit edilmiştir. Depolama başlangıcında sadece K-PY kodlu yoğurtta istatistiksel olarak daha yüksek akma gerilimi tespit edilirken ( $p < 0,05$ ), diğer örneklerin aynı akma gerilimine sahip olduğu bulunmuştur ( $p \geq 0,05$ ). Depolamanın 14. gününde en yüksek akma gerilimi K-PY kodlu üründe görülmüş ve bunu sırasıyla K-Y ve %1 AK-PY kodlu ürünler takip etmiştir. Diğer yoğurtlar istatistiksel olarak en düşük ve benzer akma gerilimi değerlerine sahiptir ( $p \geq 0,05$ ). Depolama sonunda ise değerlerin K-PY > K-Y > %3 AK-PY > %1 AK-PY = %3 AK-Y olarak sıralandığı belirlenmiştir.

Yoğurtların depolama boyunca  $G'$  ve  $G''$  değerleri Şekil 4.16, Şekil 4.17 ve Şekil 4.18 de gösterilmiştir.  $G'$  değeri (depolama modülü) örneğin yapısında depolanan ve daha sonra serbest bırakılan enerjiyi,  $G''$  değeri (kayıp modülü) ise uygulanan gerilime bağlı kaybolan enerjiyi ifade etmektedir. Frekans taraması boyunca,  $G' > G''$  olması örnekte viskoelastik özelliğin (jel-benzeri yapı),  $G' < G''$  olması örnekte viskoz özelliğin baskın olduğunu göstermektedir. Lineer viskoelastik bölgede yoğurtların tüm ölçüm zamanlarında viskoelastik özellik gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar Molae Parvarei, Fazeli, Mortazavian, Sarem Nezhad ve Mortazavi (2021), Heydari ve diğerleri (2018) ve Sun-Waterhouse, Zhou ve Wadhwa'nın (2012) sonuçları ile uyumludur.  $G'$  değeri ne kadar yüksek olursa moleküller arası ağın o kadar güçlü ve proteinler arasındaki etkileşimlerin o kadar fazla olduğu raporlanmıştır (Gul ve diğerleri, 2021). Depolama başlangıcında kontrol grupların  $G'$  ve  $G''$  değerleri %1 ve %2 oranında katılan AK'lı yoğurtlardan daha yüksek tespit edilirken, %3 AK-Y ve %3 AK-PY kodlu yoğurtların

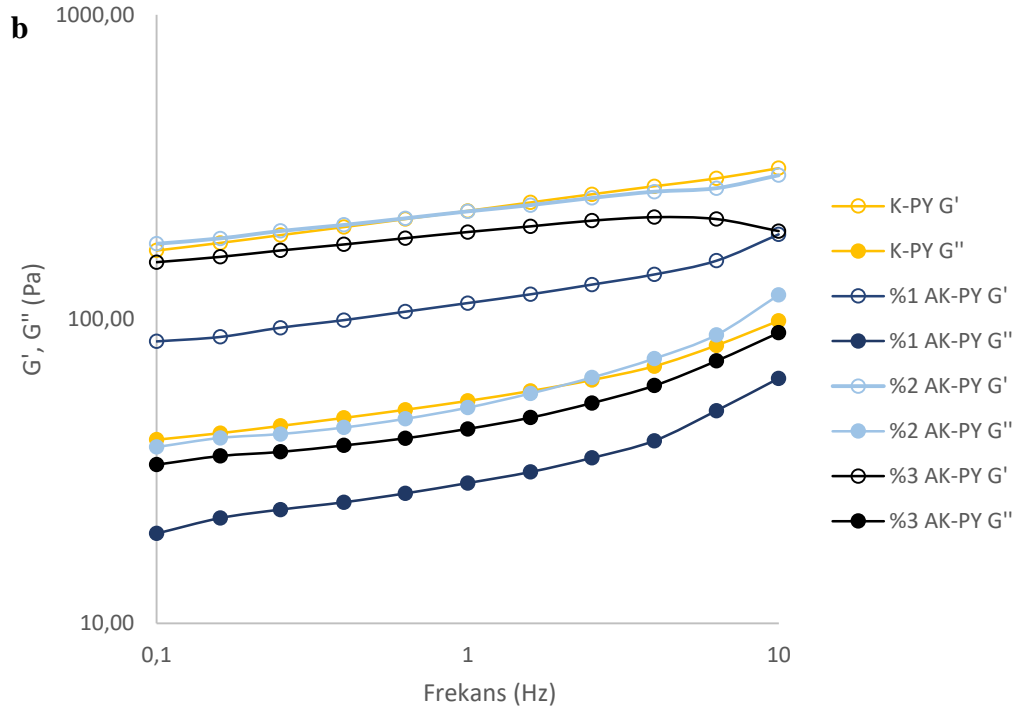
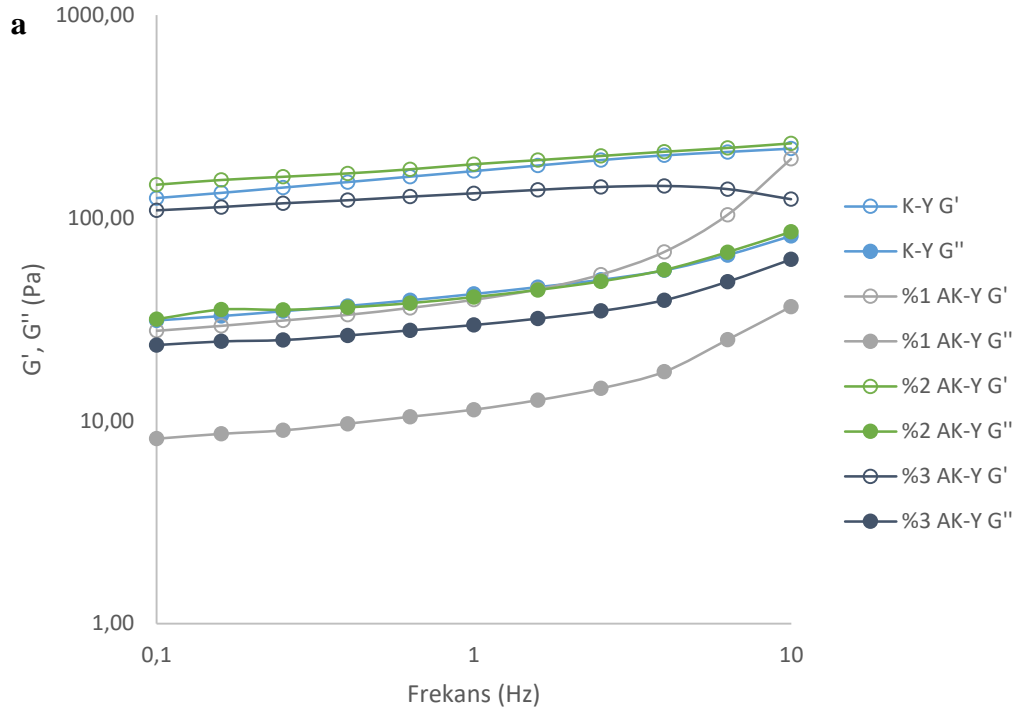
kontrol gruplarından oldukça yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Ancak aynı davranış depolamanın 14. ve 28. gününde saptanmamıştır. Bu ölçüm zamanlarında %3 ayva kabuğu ilaveli ürünler kontrol ile oldukça yakın  $G'$  ve  $G''$  değerlerine sahiptir. Bu durum depolama başlangıcında yoğurtların pH, sinerezis, laktik asit bakterileri sayısı ve kazein ve diğer makromoleküllerin zaman içindeki dağılımı ve yapısal değişimi gibi değişkenlerden etkilenmemesi ile açıklanabilir. Genel olarak kontrol grubu yoğurtlardan düşük olmak kaydıyla yoğurtların  $G'$  ve  $G''$  değerleri AK dozu arttıkça artmıştır.

Tekstür, yoğurtlarda önemli bir kalite kriteridir. Bu amaçla, yoğurtların geri ekstrüzyon analizi ile belirlenen sertlik, kıvam, yapışkanlık ve viskozite indeksi değerleri Çizelge 4.16'da verilmiştir. Düşük sıklık (firmness) değerleri yoğurdun zayıf jel yapısı ile ilişkilendirilmektedir (Sah ve diğerleri, 2016). Depolama başlangıcında genel olarak yoğurtların sıklık değerlerinin aynı olduğu ( $p \geq 0,05$ ) sadece %3 AK-Y kodlu yoğurdun K-Y'den daha düşük sıklık değerine sahip olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Ancak depolamanın 14. gününde kontrol grubu yoğurtların (K-Y ve K-PY) istatistiksel olarak tüm AK ilaveli yoğurtlardan daha güçlü jel yapısında olduğu belirlenmiştir. Aynı durum 28. günde de görülmüş, en düşük sıklık değerleri %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurtlarda saptanmıştır. Bu sonuçlar yoğurtların sinerezis değerleri ile uyumludur. Raf ömrü sonunda sadece kontrol grubu yoğurtların sıklık değerlerinde artış, %3 AK ilaveli yoğurtlarda azalış diğer örneklerde ise değerlerin stabil kaldığı tespit edilmiştir.

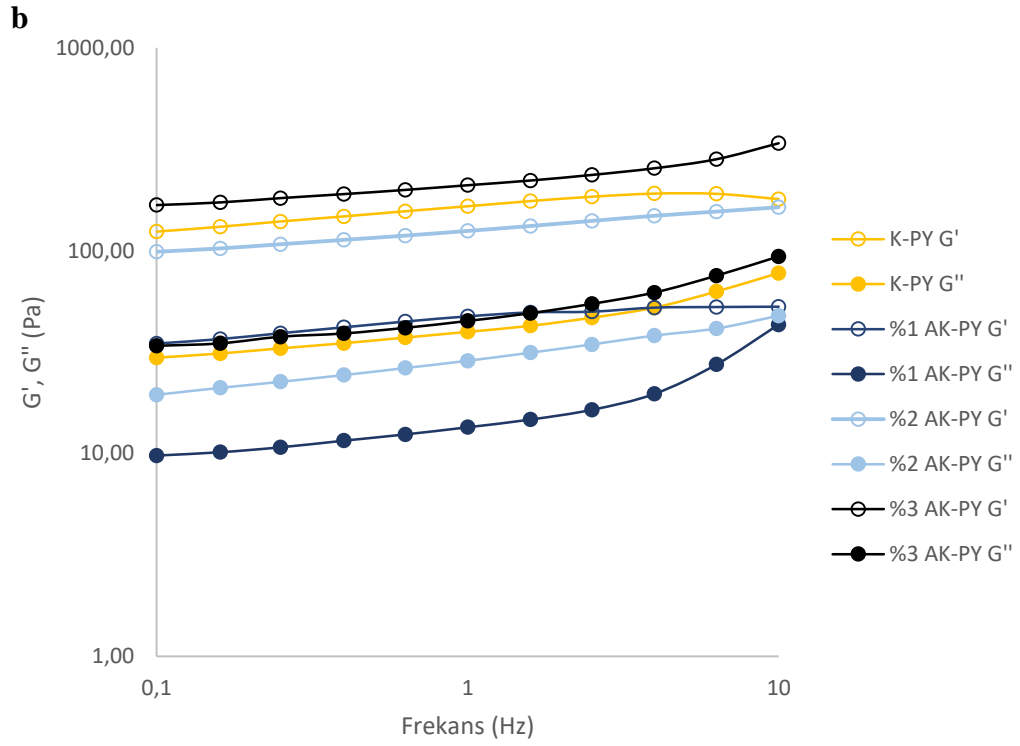
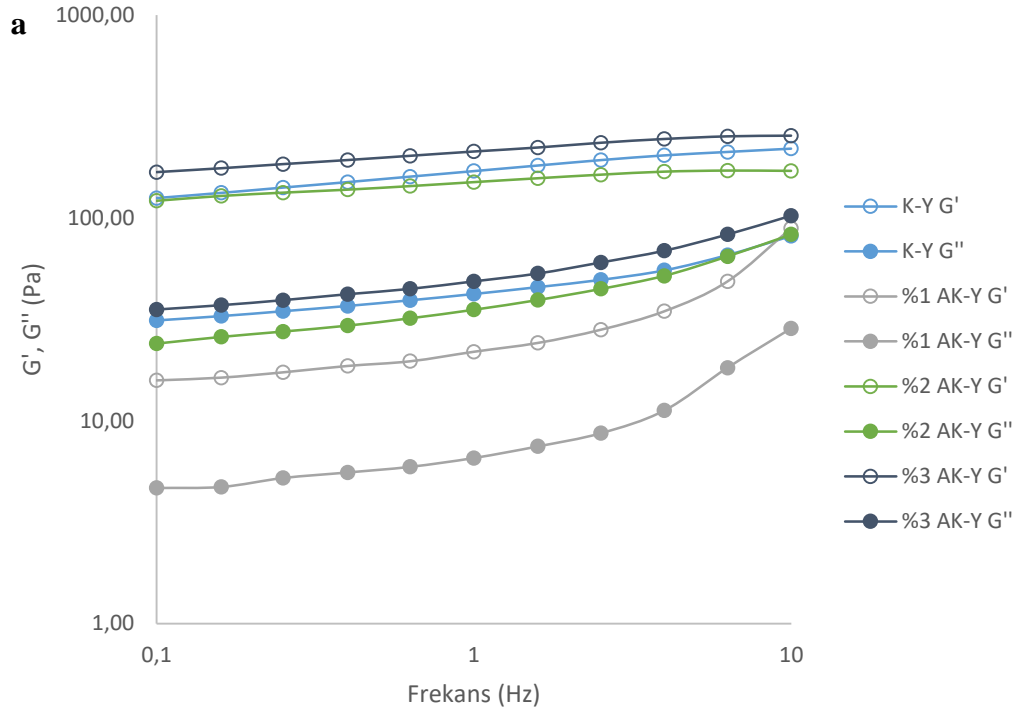
Örneklerin 1. günündeki kıvam (consistency) özellikleri değerlendirildiğinde, AK ilavesi arttıkça değerlerin arttığı görülürken en yüksek değerlerin %3 AK-PY'de olduğu tespit edilmiştir. Ancak depolamanın 14. ve 28. günlerinde kıvam değerleri tam tersi bir eğilim sergilemiş, AK ilavesi arttıkça değerlerin dramatik olarak düştüğü belirlenmiştir. Her iki ölçüm zamanında da en yüksek kıvam değerleri kontrol grubu (K-Y ve K-PY) yoğurtlarda ölçülmüştür ( $p < 0,05$ ). Bu durum örneklerin depolama süresince artan asitlik sebebiyle meydana gelen kazein destabilizasyonu ile açıklanabilir. Daha önce de vurgulandığı gibi AK ilaveli yoğurtlarda depolama başlangıcında benzer olan pH değerleri depolama sonunda kontrol grubu yoğurtlardan ayrılmış ve daha düşük tespit edilmiştir. Kıvam değerlerinde *L. acidophilus* LA-5 ilaveli yoğurtlarda genel olarak daha yüksek sonuçlar



**Şekil 4.14.** Yoğurtların depolamanın 1. günündeki frekansa (Hz) karşılık depolama modülü ( $G'$ , Pa) ve kayıp modülü ( $G''$ , Pa) değerleri a) Probiyotik ilavesiz yoğurtlar b) Probiyotik ilaveli yoğurtlar



**Şekil 4.15.** Yoğurtların depolamanın 14. günündeki frekansa (Hz) karşılık depolama modülü ( $G'$ , Pa) ve kayıp modülü ( $G''$ , Pa) değerleri a) Probiyotik ilavesiz yoğurtlar b) Probiyotik ilaveli yoğurtlar



**Şekil 4.16.** Yoğurtların depolamanın 28. günündeki frekansa (Hz) karşılık depolama modülü ( $G'$ , Pa) ve kayıp modülü ( $G''$ , Pa) değerleri a) Probiyotik ilavesiz yoğurtlar b) Probiyotik ilaveli yoğurtlar

**Çizelge 4.15.** Yoğurtların depolama boyunca Herschel-Bulkley modeli ile elde edilen katsayı değerleri

Ürünler	Gün	$\tau_0(\text{Pa})$	$K (\text{Pa.sn})$	$n$
K-Y	1	$3,807 \pm 0,039^b$	$5,129 \pm 0,502^a$	$0,534 \pm 0,015^f$
%1 AK-Y		$2,658 \pm 0,105^b$	$3,729 \pm 0,243^c$	$0,660 \pm 0,007^a$
%2 AK-Y		$3,318 \pm 1,497^b$	$4,577 \pm 0,754^{ab}$	$0,632 \pm 0,022^{bc}$
%3 AK-Y		$2,786 \pm 0,043^b$	$4,438 \pm 0,141^{abc}$	$0,624 \pm 0,012^c$
K-PY		$4,966 \pm 0,115^a$	$3,679 \pm 0,128^c$	$0,544 \pm 0,006^{ef}$
%1 AK-PY		$3,103 \pm 0,121^b$	$4,614 \pm 0,207^{ab}$	$0,567 \pm 0,010^e$
%2 AK-PY		$3,121 \pm 0,308^b$	$4,215 \pm 0,311^{abc}$	$0,594 \pm 0,011^d$
%3 AK-PY		$2,986 \pm 0,102^b$	$4,434 \pm 0,223^{abc}$	$0,651 \pm 0,009^{ab}$
K-Y		14	$3,948 \pm 0,308^b$	$3,703 \pm 0,307^a$
%1 AK-Y	$1,535 \pm 0,144^d$		$2,042 \pm 0,146^c$	$0,749 \pm 0,012^a$
%2 AK-Y	$3,546 \pm 0,350^b$		$2,998 \pm 0,784^b$	$0,634 \pm 0,085^{cd}$
%3 AK-Y	$1,454 \pm 0,368^d$		$1,898 \pm 0,453^c$	$0,720 \pm 0,049^{ab}$
K-PY	$5,035 \pm 0,118^a$		$3,037 \pm 0,138^b$	$0,553 \pm 0,005^e$
%1 AK-PY	$2,484 \pm 0,247^c$		$2,427 \pm 0,128^{bc}$	$0,673 \pm 0,014^{bc}$
%2 AK-PY	$1,750 \pm 0,130^d$		$2,219 \pm 0,130^c$	$0,739 \pm 0,023^{ab}$
%3 AK-PY	$1,88 \pm 0,050^d$		$2,443 \pm 0,058^{bc}$	$0,696 \pm 0,005^{abc}$
K-Y	28		$4,142 \pm 0,277^b$	$3,493 \pm 0,244^a$
%1 AK-Y		$1,146 \pm 0,228^e$	$1,253 \pm 0,123^d$	$0,795 \pm 0,007^{ab}$
%2 AK-Y		$1,280 \pm 0,181^e$	$0,732 \pm 0,033^e$	$0,847 \pm 0,059^a$
%3 AK-Y		$1,525 \pm 0,049^{de}$	$0,720 \pm 0,045^e$	$0,742 \pm 0,079^{bc}$
K-PY		$4,943 \pm 0,239^a$	$2,619 \pm 0,111^b$	$0,572 \pm 0,007^e$
%1 AK-PY		$1,867 \pm 0,214^d$	$1,737 \pm 0,248^c$	$0,712 \pm 0,015^{bc}$
%2 AK-PY		$1,134 \pm 0,091^e$	$1,301 \pm 0,093^d$	$0,743 \pm 0,010^{bc}$
%3 AK-PY		$2,740 \pm 0,04^c$	$1,685 \pm 0,085^c$	$0,669 \pm 0,052^{cd}$

<sup>a-f</sup> Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak gruplar arasındaki farklılığı ifade etmektedir ( $p < 0,05$ ). <sup>A-B</sup> Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak ölçüm zamanları arasındaki farklılığı ifade etmektedir. K-Y: kontrol yoğurt, %1 AK-Y: %1 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %2 AK-Y: %2 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %3 AK-Y: %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, K-PY: kontrol probiyotik yoğurt, %1 AK-PY: %1 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %2 AK-PY: %2 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %3 AK- PY: %3 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt



elde edilmiştir. Bu durum yoğurtların yapılarında iyileşmeye neden olan *L. acidophilus* LA-5 tarafından üretilmiş EPS yapısı ile ilişkili olabilir.

İç yapışkanlık (cohesiveness) ve viskozite indeksi (viscosity index) değerleri vektörel olarak negatif değerlere sahiplerdir. İç yapışkanlık değeri geri ekstrüzyonda minimum kuvvetin negatif tepe noktasını, viskozite indeksi ise bu eğrinin altında kalan negatif alanı ifade eder. Birçok yayında bu değerler pozitif olarak sunulmuştur. Bu çalışmada da değerler pozitif olarak gösterilmiş ve istatistiksel değerlendirme negatiflik gözetilmeksizin yapılmıştır.

İç yapışkanlık duyusal olarak gıda yüzeyi ile diş, damak yüzeyi arasındaki çekime karşı koymak için gerekli güç olarak ifade edilmektedir. Yoğurtlarda yüksek iç yapışkanlık değeri yoğurdun yapısını oluşturan iç bağların mukavemetini göstermektedir (Mutlu, 2019; Wang ve diğerleri, 2020). Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, depolama başlangıcında AK ilavesi arttıkça artan iç yapışkanlığın, diğer ölçüm zamanlarında kıvam değerlerinde olduğu gibi azalan eğilim gösterdiği belirlenmiştir. Depolama sonunda en düşük iç yapışkanlık değerinin %3 AK-Y kodlu yoğurtta alınması, en fazla serum ayrılmasının yine bu üründe tespitini destekler niteliktedir. İç yapışkanlık değerlerinin genel olarak AK ilaveli yoğurtlarda depolama boyunca azalma eğiliminde olduğu, ancak depolama başlangıcı ve sonundaki farkın istatistiksel olarak önemsiz bulunduğu belirlenmiştir. Sadece %3 AK ilaveli yoğurtların 1.gün değerleri 28. güne göre daha yüksek ölçülmüştür ( $p < 0,05$ ).

Viskozite indeksinin geri ekstrüzyon sırasında örneğin akmaya karşı gösterdiği direnci ifade ettiği belirtilmiştir (Konak Göztepe, 2017). Depolama başlangıcında örneklerin viskozite indeksi  $1,04 \pm 0,09$  N.s ile  $2,18 \pm 0,34$  N.s arasında ölçülmüştür. Tüm ölçüm zamanları değerlendirildiğinde viskozite indeksinin de diğer tekstür parametrelerinde olduğu gibi aynı davranışı sergilediği belirlenmiştir. Kontrol grubu yoğurtların daha yüksek, %3 AK katkılı yoğurtların ise daha düşük viskozite indeksi değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda %3 AK-Y kodlu yoğurdun viskozite indeksi  $0,10 \pm 0,05$  N.s değerlerine kadar düştüğü saptanmıştır.

**Çizelge 4.16.** Yoğurtların depolama boyunca tekstür parametreleri

Ürünler	Gün	Sıklık (N)	Kıvam (N.s)	İç Yapışkanlık (N)	Viskozite İndeksi (N.s)
K-Y	1	0,62 ± 0,04 <sup>aB</sup>	11,03 ± 1,25 <sup>abA</sup>	1,03 ± 0,18 <sup>bA</sup>	1,57 ± 0,07 <sup>bcA</sup>
%1 AK-Y		0,50 ± 0,01 <sup>abA</sup>	7,52 ± 0,42 <sup>cB</sup>	1,28 ± 0,03 <sup>bA</sup>	1,57 ± 0,05 <sup>bcA</sup>
%2 AK-Y		0,62 ± 0,09 <sup>abA</sup>	8,36 ± 1,08 <sup>cAB</sup>	1,75 ± 0,26 <sup>aA</sup>	1,83 ± 0,34 <sup>abA</sup>
%3 AK-Y		0,47 ± 0,04 <sup>bA</sup>	9,01 ± 0,52 <sup>bcA</sup>	1,96 ± 0,11 <sup>aA</sup>	1,75 ± 0,19 <sup>abcA</sup>
K-PY		0,50 ± 0,03 <sup>abC</sup>	8,11 ± 0,68 <sup>cC</sup>	0,97 ± 0,05 <sup>bA</sup>	1,04 ± 0,09 <sup>cB</sup>
%1 AK-PY		0,62 ± 0,09 <sup>abA</sup>	9,71 ± 1,17 <sup>bcA</sup>	1,12 ± 0,25 <sup>bA</sup>	1,60 ± 0,32 <sup>bcA</sup>
%2 AK-PY		0,52 ± 0,10 <sup>abA</sup>	9,19 ± 1,39 <sup>bcAB</sup>	1,16 ± 0,25 <sup>bA</sup>	1,31 ± 0,30 <sup>cA</sup>
%3 AK-PY		0,60 ± 0,06 <sup>abA</sup>	12,48 ± 1,17 <sup>aA</sup>	1,20 ± 0,17 <sup>bA</sup>	2,18 ± 0,34 <sup>aA</sup>
K-Y		14	0,71 ± 0,01 <sup>aB</sup>	13,70 ± 1,83 <sup>aA</sup>	1,16 ± 0,21 <sup>abA</sup>
%1 AK-Y	0,44 ± 0,01 <sup>bcA</sup>		9,28 ± 0,50 <sup>bA</sup>	0,80 ± 0,01 <sup>abcC</sup>	1,36 ± 0,07 <sup>bcB</sup>
%2 AK-Y	0,35 ± 0,01 <sup>bcB</sup>		6,89 ± 0,44 <sup>bcB</sup>	0,77 ± 0,07 <sup>abcB</sup>	1,21 ± 0,18 <sup>bcB</sup>
%3 AK-Y	0,27 ± 0,02 <sup>cB</sup>		6,12 ± 0,29 <sup>cB</sup>	0,40 ± 0,07 <sup>cB</sup>	0,42 ± 0,12 <sup>dB</sup>
K-PY	0,73 ± 0,04 <sup>aB</sup>		15,89 ± 0,93 <sup>aA</sup>	1,02 ± 0,03 <sup>abcA</sup>	1,75 ± 0,09 <sup>abA</sup>
%1 AK-PY	0,50 ± 0,07 <sup>bA</sup>		7,61 ± 0,07 <sup>bcA</sup>	1,21 ± 0,37 <sup>aA</sup>	1,38 ± 0,16 <sup>abcB</sup>
%2 AK-PY	0,40 ± 0,02 <sup>bcA</sup>		7,85 ± 0,43 <sup>bcB</sup>	0,65 ± 0,10 <sup>bcB</sup>	1,05 ± 0,15 <sup>cB</sup>
%3 AK-PY	0,42 ± 0,04 <sup>bcB</sup>		8,22 ± 0,41 <sup>bcA</sup>	0,56 ± 0,01 <sup>cB</sup>	1,02 ± 0,03 <sup>cB</sup>
K-Y	28		0,99 ± 0,08 <sup>aA</sup>	14,89 ± 1,27 <sup>aA</sup>	1,74 ± 0,11 <sup>aA</sup>
%1 AK-Y		0,51 ± 0,01 <sup>cdA</sup>	8,85 ± 0,43 <sup>bcAB</sup>	1,27 ± 0,03 <sup>bA</sup>	1,57 ± 0,11 <sup>bA</sup>
%2 AK-Y		0,60 ± 0,07 <sup>cA</sup>	9,34 ± 0,80 <sup>bcA</sup>	1,25 ± 0,11 <sup>bA</sup>	1,76 ± 0,13 <sup>bA</sup>
%3 AK-Y		0,26 ± 0,05 <sup>eB</sup>	5,03 ± 0,37 <sup>dB</sup>	0,24 ± 0,03 <sup>dB</sup>	0,10 ± 0,05 <sup>dB</sup>
K-PY		0,81 ± 0,05 <sup>bA</sup>	14,47 ± 1,12 <sup>abB</sup>	0,98 ± 0,05 <sup>bA</sup>	1,59 ± 0,10 <sup>bB</sup>
%1 AK-PY		0,66 ± 0,09 <sup>bcA</sup>	11,30 ± 1,31 <sup>bA</sup>	1,09 ± 0,10 <sup>bA</sup>	1,62 ± 0,13 <sup>bA</sup>
%2 AK-PY		0,56 ± 0,05 <sup>cA</sup>	10,09 ± 0,81 <sup>bA</sup>	1,02 ± 0,16 <sup>bA</sup>	1,56 ± 0,24 <sup>bA</sup>
%3 AK-PY		0,36 ± 0,02 <sup>deC</sup>	7,07 ± 0,29 <sup>cdB</sup>	0,65 ± 0,05 <sup>cB</sup>	0,90 ± 0,09 <sup>cB</sup>

<sup>a-f</sup> Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak gruplar arasındaki farklılığı ifade etmektedir ( $p < 0,05$ ). <sup>A-B</sup> Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak ölçüm zamanları arasındaki farklılığı ifade etmektedir. K-Y: kontrol yoğurt, %1 AK-Y: %1 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %2 AK-Y: %2 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %3 AK-Y: %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, K-PY: kontrol probiyotik yoğurt, %1 AK-PY: %1 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %2 AK-PY: %2 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %3 AK- PY: %3 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt

Kavak mantarı ekstrakt tozu ile zenginleştirilmiş yoğurtlarda kontrol yoğurdun depolama boyunca daha yüksek sıklık değerine sahip olduğu, ekstrakt ilavesinin jel yapısını gevşettiği raporlanmıştır (Vital Pelaes ve diğerleri, 2015). Benzer sonuç ığde unu ilavesi ile üretilmiş yoğurtlarda da alınmıştır. ığde unu katkılı yoğurtların sıklık değerleri kontrolden istatistiksel olarak daha düşük ölçülmüştür. Araştırmacılar bu durumu liflerin kazein miselleri içinde dağılmaları ve yoğurt jelinde boşluk yaratmaları ile açıklamışlardır. Ayrıca yoğurtlarda daha yüksek polisakkarit içeriğinin, protein-protein bağlarından daha zayıf olan polisakkarit-protein etkileşimlerinin oluşmasına neden olduğu ve jel yapısının gevşediği vurgulanmıştır (Öztürk ve diğerleri, 2018). El-Said, Haggag, Fakhr El-Din, Gad ve Farahat'ın (2014) yaptığı çalışmada, nar kabuğu ilave edilmiş yoğurtlarda viskozitenin artan kabuk dozuna bağlı olarak düştüğü raporlanmıştır. Bu durum ilave edilen kabuğun proteinin su bağlama kapasitesini azaltması ile açıklanmıştır.

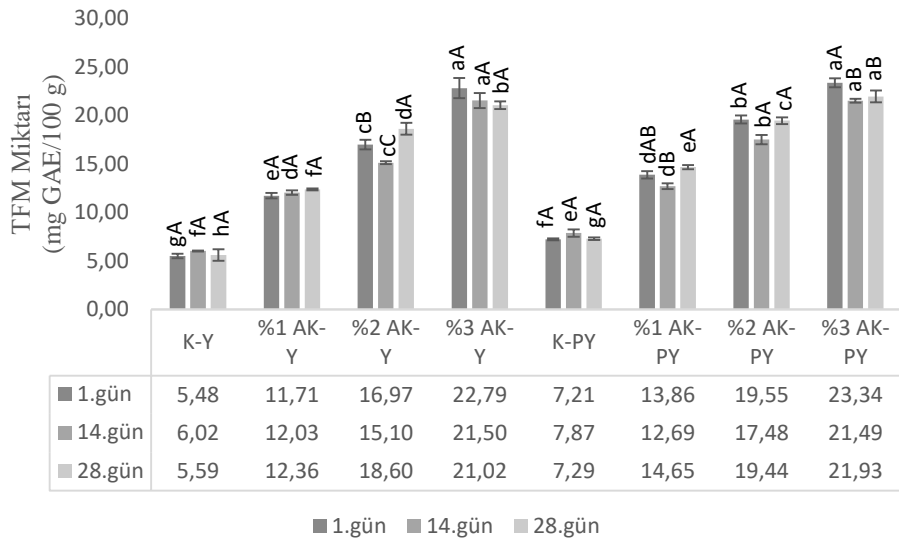
Ancak bu çalışmaların aksine literatürde farklı bitki ya da meyvelerle zenginleştirilmiş yoğurtların tekstürel özelliklerine olumlu katkıda bulunduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur. Elma posası ilaveli yoğurtların fizikokimyasal, tekstürel ve reolojik özelliklerinin incelendiği çalışmada, elma posası miktarı arttıkça tüm tekstür parametrelerinde artışın olduğu, elma posası ilavesinin ayrılan serumu geri kazanma yönünde olumlu katkısının olduğu belirtilmiştir (Wang ve diğerleri, 2020).

#### **4.7.4.5. Yoğurtların biyoaktivite özellikleri**

Fenolik bileşiklerin başlıca diyet kaynağının meyveler olduğu belirtilmiştir. Meyve sularının, tozlarının ve ekstraktlarının, süt sektörü de dahil olmak üzere çeşitli gıdalarda fonksiyonel bileşenler olarak kullanılabilceği öne sürülmüştür (Karaarslan, Özden, Vardin ve Turkoglu, 2011). Yoğurdun her yaş grubu tarafından tüketilir olması ve sağlık üzerine etkileri olan çeşitli bileşenleri içermesine rağmen, önemli bir polifenol kaynağı olmaması, araştırmacıları yoğurdun fenolik bileşikler bakımından zenginleştirilmesine yöneltmiştir (Demirkol ve Tarakci, 2018; Wang ve diğerleri, 2020).

Yoğurtların TFM sonuçları Şekil 4.17'te gösterilmiştir. Tüm ölçüm zamanlarında en düşük TFM miktarına sahip grubun kontrol yoğurt olduğu, bunu probiyotik bakteri içeren kontrol örneğin takip ettiği belirlenmiştir. AK ilavesi arttıkça yoğurtların TFM miktarının

da arttığı tespit edilmiştir. Bu durum AK'nın yüksek fenolik bileşen içeriğine sahip olması ile ilişkilidir. Depolama boyunca %3 AK katkılı probiyotik içeren ve içermeyen yoğurtlar istatistiksel olarak aynı TFM miktarına sahiptir ( $p \geq 0,05$ ). Ancak %2 ve %1 AK ilaveli probiyotik yoğurtlar, probiyotik bakteri içermeyen örneklerle kıyasla daha fazla TFM içermektedir ( $p < 0,05$ ). Depolama başlangıcında kontrol grubu probiyotik içermeyen ve içeren yoğurtların TFM miktarları sırasıyla  $5,48 \pm 0,23$  ve  $7,21 \pm 0,10$  mg GAE/100 g olarak bulunmuştur. Yoğurda elma posası ilavesinin bazı özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmalarda kontrol grubu yoğurdun 1. gündeki TFM miktarının  $4,12 \pm 0,01$  mg GAE/100 g ve  $4,17 \pm 0,03$  mg GAE/100 mL olduğu belirtilmiştir (Jovanovic ve diğerleri, 2020; Wang ve diğerleri, 2020). Ancak Yıldız ve Özcan'ın (2019) yaptığı çalışmada, sade yoğurdun TFM değeri  $0,534$  mg GAE/100 g olarak bulunmuştur. Bu değer çalışmadaki sonuçtan yaklaşık 10 kat daha düşüktür.



**Şekil 4.17.** Yoğurtların depolama boyunca toplam fenolik madde (TFM) miktarı (mg GAE/100 g)

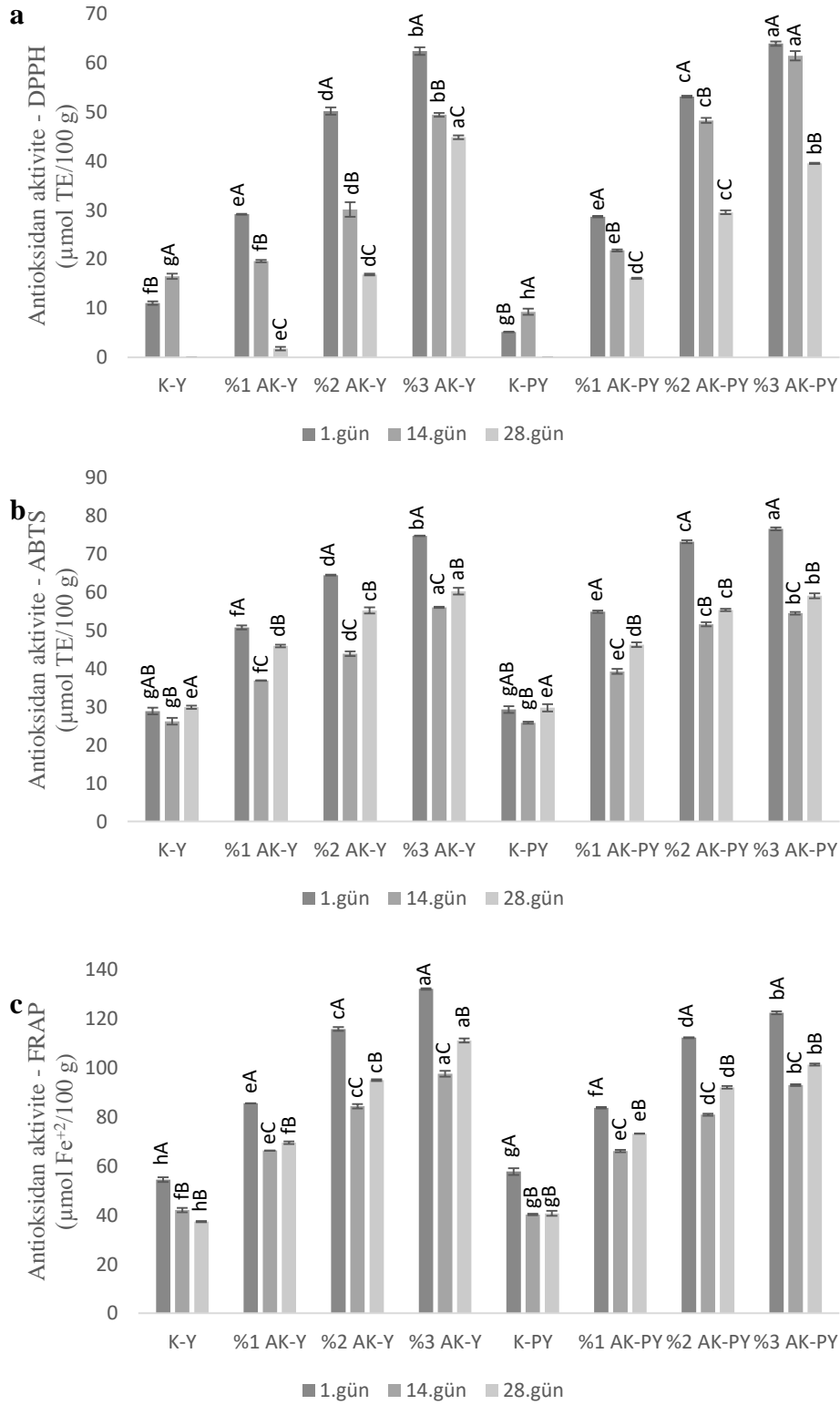
Yapılan çalışmada %1 oranında AK ilavesinin kontrol grubu yoğurtlardan yaklaşık 2 kat daha fazla fenolik madde içerdiği ve bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Tüm ölçüm zamanlarında %3 AK ilaveli yoğurtların kendi kontrol gruplarına kıyasla 3-4,5 kat fazla fenolik maddeye sahip olduğu ve değerlerin  $21,02 \pm 0,40$  ile  $23,34 \pm 0,46$  mg GAE/100 g arasında değiştiği belirlenmiştir. Genel olarak yoğurtların depolama süresince TFM miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir

değişim saptanmamıştır (%2 AK-Y, %1 AK-PY ve %3 AK-PY hariç). Farklı üzüm çeşitlerine ait üzüm posaları ile zenginleştirilmiş yoğurtlarda da 21 gün boyunca tüm örneklerde TFM miktarı sabit kalmıştır (Marchiani ve diğerleri, 2016). Aynı çalışmada TFM değerlerinin 0,91 – 1,58 mg GAE/100 g arasında olduğu belirtilmiştir. Üzüm posasının yüksek TFM içeriğine rağmen bu çalışmadan daha düşük değerlerde sonuç bulunması, posanın otoklavda sterilize edilmesi sonucu biyoaktif bileşenlerin degradasyonu ile ilişkili olabilir.

Şekil 4.17. incelendiğinde, %3 AK-PY kodlu üründe depolamaya bağlı olarak azalış görülürken, %2 AK-Y, %1 AK-PY kodlu örneklerde artış tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada, elma posası ilaveli yoğurtların tüm elma posası dozlarında (%1, %2 ve %3) depolama sonuna doğru TFM değerlerinde artışın olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar bu durumu elma posasından polifenollerin salınımının depolama boyunca devam etmesi ile açıklamışlardır. Ayrıca elma posasında başlıca bulunan prosiyanidinler, kateşin, epikateşin, klorojenik asit, konjuge kuersetin fenoliklerinin depolama boyunca arttığını gösteren çalışmaların olduğunu vurgulamışlardır (Wang ve diğerleri, 2020).

Yoğurtların DPPH, ABTS ve FRAP yöntemleri ile AA sonuçları Şekil 4.18'te sunulmuştur. Ayva bölümlerine ait fenolik ekstraktların AA sonuçlarında olduğu gibi FRAP ve ABTS yöntemlerinin DPPH yönteminden daha yüksek değerler verdiği görülmektedir. Belirtilen 3 yöntemle tüm ölçüm zamanlarında en düşük AA değerlerinin kontrol grubu yoğurtlarda, en yüksek değerlerin ise %3 AK-Y ve %3 AK-PY'lerde olduğu tespit edilmiştir. AK ilavesinin yoğurtlarda AA'yı istatistiksel olarak arttırdığı, doz azaldıkça biyolojik aktivitenin de azaldığı belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

Sütün fermantasyonu sırasında  $\alpha$ -laktalbumin,  $\beta$ -laktoglobulin ve a-kazeinden üretilen peptitlerin AA'ya katkıda bulunduğu bilinmektedir (Fathy ve diğerleri, 2022). Kontrol grubu yoğurtlarda AA tespit edilmesinin nedeni bu peptitlerin varlığı ile açıklanabilir.



**Şekil 4.18.** Yoğurtların depolama boyunca antioksidan aktivite sonuçları a) DPPH ( $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ ), b) ABTS ( $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ ), c) FRAP ( $\mu\text{mol Fe}^{+2}/\text{g}$ )

DPPH ve ABTS analiz sonuçlarına göre probiyotik bakteri içeren yoğurtlarda içermeyenlere kıyasla daha yüksek AA tespit edilirken, FRAP sonuçlarında bu durum geçerli olmamıştır. Ayrıca yoğurtların TFM değerleri ile AA değerleri arasında yüksek korelasyon (TFM-DDPH r: 0,85; TFM-ABTS r:0,89; TFM-FRAP r:0,89) olduğu belirlenmiştir. TFM ile AA arasında benzer pozitif korelasyonun elma posası ilaveli yoğurtlarda da saptandığı raporlanmıştır (Jovanovic ve diğerleri, 2020).

Kennas, Amellal-Chibane, Kessal, ve Halladj'ın (2020) yaptığı çalışmada, nar kabuğu tozu ve bal ilavesinin yoğurtlarda antioksidan potansiyelini arttırdığı, %10 nar kabuğu ve %5 bal ilaveli yoğurtların en yüksek AA'ya sahip olduğu belirtilmiştir. Yoğurtların ananas kabuğu ve posası ile zenginleştirildiği başka bir çalışmada da kontrole kıyasla zenginleştirilmiş yoğurtlarda daha yüksek AA saptanmıştır (Sah ve diğerleri, 2016). Marchiani ve diğerleri (2016), üzüm posası ilaveli yoğurtların kontrole kıyasla %66 daha yüksek AA'ya sahip olduğunu raporlamışlardır. Mevcut çalışmada tüm depolama zamanlarında %3 AK-PY ve %3 AK-Y'nin kendi kontrol gruplarından sırasıyla en az 2,5 en çok 12 kat daha fazla antioksidan özellik gösterdiği belirlenmiştir.

Tüm analiz metotlarında bazı yoğurtların AA değerlerinin depolama ile azaldığı bazılarının ise sabit kaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuç farklı fenolik kaynak ya da ekstraktlarla üretilmiş yoğurtların AA'larının değerlendirildiği Karaaslan ve diğerleri (2011), Illupapalayam, Smith ve Gamlath (2014) ve Vital Pelaes ve diğerlerinin (2015) çalışmaları ile uyumludur. Oliveira ve diğerleri (2017), endüstriyel olarak hazırlanmış şeftali püresinin %20 oranında ilave edildiği yoğurtlarda 28. gün sonunda depolama başlangıcına göre antioksidan kapasitede %24 oranın azalma tespit etmişlerdir.

#### **4.7.4.6. Yoğurtların mikrobiyolojik özellikleri**

Fonksiyonel probiyotik gıdaların geliştirilmesinde, uygun bir gıdanın seçilmesi, canlılık ve duyu özelliklerin korunması bu ürünlerin pazardaki başarısı için ana kriterlerdir. Sütün tamponlama yeteneği, fermantasyon süreci ve soğukta muhafaza gerekliliği sebebiyle yoğurt, probiyotik bakteriler için potansiyel gıda olarak benimsenmiştir. Probiyotik yoğurt tüketiminin bağırsak mikroflorasını iyileştirdiği, kilo kontrolü sağladığı, obezite, kanser ve kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı bildirilmiştir.

(Meybodi, Mortazavian, Arab ve Nematollahi, 2020). Bu çalışmada polifenol içeriği yüksek ayva kabuğu ilavesiyle probiyotik yoğurt üretimi gerçekleştirilmiş ve yoğurtların mikrobiyolojik kalitesi belirlenmiştir.

Yoğurtların mikrobiyolojik analiz sonuçları değerlendirildiğinde, tüm ölçüm zamanlarında yoğurtlarda koliform ve maya üremesi tespit edilmemiştir. Ancak depolamanın 14. gününde sadece %3 AK ilaveli yoğurtlarda 2 log kob/g düzeyinde küf tespit edilirken, bir sonraki ölçüm periyodunda tüm AK katkılı yoğurtlarda  $2,00 \pm 0,00$  ile  $4,06 \pm 0,02$  log kob/g arasında küf üremesi görülmüştür. Bu yoğurtlarda küf tespit edilmesinin AK ilavesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. AK'da yapılan küf-maya ekimlerinde küf tespit edilmemiştir ( $<2,00$  log kob/g), ancak yayma plak yöntemi ile birlikte analiz duyarlılığı 100 küfün üzerinde bir yükü saptayabilmektedir. Bu sonuçlar UV-sterilizasyonun AK'dan gelen küf popülasyonunu inhibe etmede yeteri kadar başarılı olmadığını ve alternatif yöntemlerin değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Yoğurt bakterilerinin raf ömrü boyunca yapılan sayım sonuçları incelendiğinde, genel olarak tüm yoğurtlarda *S. thermophilus* için 8 log kob/g ve *L. bulgaricus* için ise 7 log kob/g üzerinde değerlerin elde edildiği görülmüştür. Yoğurt oluşum mekanizmasında *S. thermophilus* ile *L. bulgaricus*'un simbiyotik ilişkisi birçok çalışmada belirtilmiştir. Ayrıca *S. thermophilus*'un gelişiminin *L. bulgaricus*'tan daha hızlı gerçekleştiği ve sayıca üstünlük sağladığı da raporlanmıştır (de Souza Oliveira ve diğerleri, 2012; Markakiou, Gaspar, Johansen, Zeidan ve Neves, 2020; Saccaro, Tamime ve Lu, 2009). Bu tez kapsamında AK ekstraktının yoğurt bakterileri üzerinde inhibe edici etkisi olmadığı belirlenmişti. Yoğurtlarda yapılan sayım sonuçlarının bu bulguyu desteklediği tespit edilmiştir. Depolamanın 1. ve 14. günlerinde yoğurtlarda *S. thermophilus* sayılarında genel olarak gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı tespit edilmiştir ( $p \geq 0,05$ ). Ancak depolama sonunda en yüksek *S. thermophilus* sayısının %3 AK-Y'de sayıldığı, bunu %2 AK-Y ve %1 AK-Y'nin takip ettiği belirlenmiştir. Yoğurtların *S. thermophilus* sayılarının genel olarak 14 gün boyunca sabit kaldığı ancak 28. günde *L.*



**Çizelge 4.17.** Yoğurtların mikrobiyolojik analiz sonuçları

Ürünler	Gün	Log <sub>10</sub> kob/g						
		Koliform	Küf	Maya	<i>S. thermophilus</i>	<i>L. bulgaricus</i>	<i>L. acidophilus</i>	
K-Y	1	<1	<2	<2	8,39 ± 0,00 <sup>bB</sup>	8,42 ± 0,06 <sup>aA</sup>		
%1 AK-Y		<1	<2	<2	8,87 ± 0,13 <sup>aA</sup>	8,05 ± 0,12 <sup>bA</sup>		
%2 AK-Y		<1	<2	<2	8,14 ± 0,14 <sup>cB</sup>	8,11 ± 0,09 <sup>bA</sup>		
%3 AK-Y		<1	<2	<2	8,79 ± 0,05 <sup>aA</sup>	7,98 ± 0,07 <sup>bA</sup>		
K-PY		<1	<2	<2	8,91 ± 0,05 <sup>aA</sup>	8,20 ± 0,13 <sup>abA</sup>	7,89 ± 0,16 <sup>aA</sup>	
%1 AK-PY		<1	<2	<2	8,87 ± 0,02 <sup>aA</sup>	8,11 ± 0,22 <sup>bA</sup>	7,88 ± 0,09 <sup>aA</sup>	
%2 AK-PY		<1	<2	<2	8,79 ± 0,06 <sup>aA</sup>	6,87 ± 0,17 <sup>dB</sup>	7,95 ± 0,00 <sup>aA</sup>	
%3 AK-PY		<1	<2	<2	8,81 ± 0,07 <sup>aA</sup>	7,65 ± 0,05 <sup>cA</sup>	7,84 ± 0,07 <sup>aA</sup>	
K-Y		14	<1	<2	<2	8,37 ± 0,10 <sup>bB</sup>	7,67 ± 0,02 <sup>bcC</sup>	
%1 AK-Y	<1		<2	<2	8,71 ± 0,05 <sup>aA</sup>	7,59 ± 0,04 <sup>bcB</sup>		
%2 AK-Y	<1		<2	<2	8,71 ± 0,17 <sup>aA</sup>	8,17 ± 0,09 <sup>aA</sup>		
%3 AK-Y	<1		2,00 ± 0,00	<2	8,76 ± 0,11 <sup>aA</sup>	7,16 ± 0,01 <sup>eB</sup>		
K-PY	<1		<2	<2	8,69 ± 0,01 <sup>aB</sup>	7,44 ± 0,05 <sup>cdB</sup>	7,87 ± 0,09 <sup>aA</sup>	
%1 AK-PY	<1		<2	<2	8,81 ± 0,04 <sup>aA</sup>	7,86 ± 0,07 <sup>bA</sup>	7,67 ± 0,08 <sup>bB</sup>	
%2 AK-PY	<1		<2	<2	8,51 ± 0,11 <sup>bB</sup>	7,20 ± 0,03 <sup>deB</sup>	7,84 ± 0,01 <sup>aB</sup>	
%3 AK-PY	<1		2,00 ± 0,00	<2	8,82 ± 0,10 <sup>aA</sup>	7,10 ± 0,40 <sup>eA</sup>	7,75 ± 0,03 <sup>abA</sup>	
K-Y	28		<1	<2	<2	8,52 ± 0,02 <sup>cA</sup>	8,22 ± 0,06 <sup>bB</sup>	
%1 AK-Y		<1	3,12 ± 0,19 <sup>b</sup>	<2	8,79 ± 0,06 <sup>bA</sup>	8,15 ± 0,04 <sup>bcA</sup>		
%2 AK-Y		<1	3,23 ± 0,05 <sup>b</sup>	<2	8,86 ± 0,04 <sup>bA</sup>	8,21 ± 0,06 <sup>bcA</sup>		
%3 AK-Y		<1	4,06 ± 0,02 <sup>a</sup>	<2	9,04 ± 0,13 <sup>aA</sup>	8,31 ± 0,02 <sup>aA</sup>		
K-PY		<1	<2	<2	8,47 ± 0,17 <sup>cC</sup>	8,12 ± 0,04 <sup>cA</sup>	6,20 ± 0,23 <sup>bB</sup>	
%1 AK-PY		<1	2,50 ± 0,20 <sup>c</sup>	<2	8,57 ± 0,10 <sup>cA</sup>	8,14 ± 0,01 <sup>bcA</sup>	7,27 ± 0,15 <sup>aC</sup>	
%2 AK-PY		<1	2,54 ± 0,00 <sup>c</sup>	<2	8,57 ± 0,03 <sup>cB</sup>	8,14 ± 0,09 <sup>bcA</sup>	7,55 ± 0,13 <sup>aB</sup>	
%3 AK-PY		<1	2,00 ± 0,00 <sup>d</sup>	<2	8,53 ± 0,13 <sup>cA</sup>	7,99 ± 0,03 <sup>dA</sup>	7,49 ± 0,16 <sup>aA</sup>	

<sup>a-e</sup> Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak gruplar arasındaki farklılığı ifade etmektedir (p < 0,05). <sup>A-B</sup> Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak ölçüm zamanları arasındaki farklılığı ifade etmektedir. K-Y: kontrol yoğurt, %1 AK-Y: %1 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %2 AK-Y: %2 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, %3 AK-Y: %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurt, K-PY: kontrol probiyotik yoğurt, %1 AK-PY: %1 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %2 AK-PY: %2 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt, %3 AK-PY: %3 ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurt

*acidophilus* LA-5 ilaveli yoğurtlarda *S. thermophilus* sayısının diğer yoğurtlara göre daha düşük olduğu ve *S. thermophilus*'un depolamadan olumsuz etkilendiği bulunmuştur. Daha önceki çalışmada *L. acidophilus* 74-2'nin *S. thermophilus* popülasyonu üzerinde bir etkisi olmadığı belirlenmişti (Altuntas ve Korukluoglu, 2019). Ancak suş farklılıklarının farklı etkileri olabileceği bilinmektedir. *L. acidophilus*'un sınıf II bakteriyosinlere ait ısıya dayanıklı, düşük moleküler ağırlıklı bakteriyosinler ürettiği raporlanmıştır. *L. acidophilus* LA-5 tarafından üretilen laktasin B'nin gen düzeyinde incelendiği çalışmada *S. thermophilus* STY-31 varlığında bakteriyosin üreten gen ifadesinde artış tespit edilmiştir (Tabasco, García-cayueta, Peláez ve Requena, 2009). Bu çalışmada *L. acidophilus* LA-5 varlığında belirlediğimiz *S. thermophilus* sayısındaki düşüşün nedenleri ileri araştırmalarla ortaya konulmalıdır.

Raf ömrü sonunda %3 AK-Y istatistiksel olarak diğer gruplardan daha fazla sayıda *L. bulgaricus* içermektedir. Bu durum %3 AK-Y kodlu yoğurdun depolama sonundaki yüksek asitlik gelişimini ve buna bağlı gelişen serum ayrılmasını açıklar niteliktedir. Araştırmalar yüksek *L. bulgaricus* popülasyonunun yoğurtlardaki düşük pH ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Altuntas ve Korukluoglu, 2019; Yue ve diğerleri, 2022).

Depolama başlangıcında AK ilavesinin *L. acidophilus* LA5 üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etkisi görülmezken raf ömrü sonunda kontrol grubunda probiyotik bakteri popülasyonunda dramatik bir azalma görülmüş ve sayının 6 log kob/g değerlerine düştüğü tespit edilmiştir. Buna karşın AK ilave edilmiş yoğurtlarda yaklaşık 7,5 log kob/g değerleri elde edilmiştir. Bu durum AK'nın *L. acidophilus* LA5 canlılığı üzerinde olumlu etkisi olarak yorumlanabilir. Üzüm posası ile probiyotik fermente keçi sütü üretiminde üzüm posasının *L. acidophilus* LA-5 canlılığını koruduğu belirtilmiştir (dos Santos ve diğerleri, 2016). Başka bir çalışmada yoğurtlara ilave edilen kayısı posası oranı arttıkça *L. acidophilus* LA-5 sayısında da istatistiksel olarak artış olduğu vurgulanmıştır (Karaca (dos Santos ve diğerleri, 2019). Portakal ve limon suyu yan ürünlerinden elde edilen posanın MRS sıvı besiyerinde *L. acidophilus* CECT 903 yaşayabilirliğinde önemli derecede artış sağladığı, 1-2 log kob/mL daha fazla koloni sayıldığı raporlanmıştır (Sendra ve diğerleri, 2008). Mango suyu ile zenginleştirilmiş probiyotik fermente süt

ieeğinin üretildiği çalışmada, %10 oranında mango suyu ilave edilmiş ieekte raf ömrü sonunda 7.72 log kob/mL düzeyinde *L. acidophilus* LA-5 tespit edilirken, %20, %30 ve %40 mango suyu ilavesinin *L. acidophilus* LA-5 canlılığında negatif etki yarattığı belirtilmiştir. Ayrıca kontrol grubu örneklerde de 5 haftalık soğukta depolama sonunda < 6 log kob/mL düzeyinde *L. acidophilus* LA-5 sayılabilmiiştir. Aynı çalışmada *in vitro* sindirimin mide ve bağırsak ortamlarında farklı oranlarda mango suyu ilaveli ieeklerde *L. acidophilus* LA-5 sayımı gerçekleştirilmiş ve benzer koruyucu etkinin burada da tespit edildiği vurgulanmiiştir. Bu çalışmanın bulguları mango suyunun *L. acidophilus* LA-5 yaşayabilirliğine olumlu katkı sağladığını ortaya koymaktadır (Ryan, Hutchings ve Fang, 2020).

Yapılan çalışmada depolama boyunca *L. acidophilus* LA-5'in sayısında azalma saptanmiiştir. Literatürde *L. acidophilus* LA-5'in canlılığını etkileyen en önemli faktörlerin depolama ile artan asitlik ve hidrojen peroksit olduğu belirtilmiştir (Karaca ve diğerleri, 2019). Tüm probiyotik yoğurtlarda raf ömrü boyunca *L. acidophilus* LA-5 sayısında dş tespit edilmesine rağmen, sayımların terapötik minimum eşiğin üzerinde (> 6 log kob/g) olduğu bulunmuştur.

## 5. SONUÇ

Bu tez kapsamında elde edilen bulgular maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Ayva bölümlerinden fenolik bileşik ekstraksiyonunda seçilen solvent çeşidi, oranı ve ekstraksiyon metodu fenolik bileşen veriminde belirleyici olmaktadır. Tüm ayva bölümleri için ultrason destekli ekstraksiyonun (UDE) maserasyona (ME) kıyasla daha etkili bir yöntem olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ayva çekirdeği hariç diğer tüm ayva bölümlerinde optimum fenolik ekstraksiyon için sulu-aseton ekstraktının en uygun çözgen olduğu tespit edilmiştir.
2. Optimum ekstraksiyon koşullarında ayvanın farklı bölümlerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde farklı miktarlarda fenolik içeriğe sahip olduğu, en yüksek TFM miktarının ayva yaprağında tespit edildiği bunu sırasıyla kabuk, su, posa ve çekirdeğin takip ettiği belirlenmiştir.

3. TFM miktarına paralel olarak AA değerlerindeki yaprak > kabuk > su > posa > çekirdek olarak sıralandığı tespit edilmiştir. Yapılan üç farklı antioksidan aktivite analizinden FRAP ve ABTS yöntemlerinin DPPH yönteminden daha yüksek değerler verdiği görülmektedir. Bu fark, belirli polifenol gruplarının ve miktarlarının, analiz prensibini oluşturan serbest radikal yakalama veya demir indirgeme aktivitesine dayalı reaksiyonlar üzerindeki farklı etkileri ile açıklanabilir. Literatür verileri ile kapsamlı bir kıyaslama ortaya koyabilmek adına üç yöntemin de yapılmasının fayda sağlayacağı düşünülmektedir.
4. Yapılan çalışmada HPLC analizi ile ayva yaprağı ve meyvenin diğer bölümlerinde en bol bulunan fenolik bileşiğin hidroksisinamik asitler olduğu, literatürde de belirtildiği gibi ayva yaprağı ve meyvesinin mono ve dikaffeoilkinik asitlerin varlığı ile karakterize edildiği ortaya konmuştur. Ayva çekirdeğinde tanımlanan fenolik bileşiklerin nicelik ve nitelik bakımından oldukça düşük olduğu ve ayva bölümleri arasında en düşük fenolik bileşen içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. HPLC, TFM miktarı ve AA analizlerinde, ayva çekirdeğine özgü selülozik yapının sahip olduğu fenolik bileşen içeriğinden daha düşük sayıda ve miktarda tespit edilmesine neden olabileceği, ayva çekirdeği gibi jel kıvamındaki ürünler için alternatif metotlarının geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.
5. HPLC analizi sonucunda toplam flavonol miktarlarının kabuk > yaprak > meyve suyu > posa > çekirdek (belirlenemedi) olarak sıralandığı, meyve kabuğunda diğer ayva bölümlerine kıyasla daha fazla flavonol birikiminin olduğu, bunun literatürde de açıklandığı gibi güneş ışığına daha fazla maruz kalma ile ilgili olduğu belirlenmiştir.
6. *In vitro* sindirim simülasyonu sonrasında ayva çekirdeği hariç tüm ayva bölümlerinin ekstrakt formlarına kıyasla TFM miktarında ortalama 5 kat ve AA'da 2,5 kattan fazla azalma olduğu saptanmıştır. Genel olarak, mide sindirimi sonrası salınan TFM miktarının, diğer sindirim adımlarından önemli ölçüde daha yüksek olduğu saptanırken, kolonu simüle eden diyalize edilemeyen fraksiyonun,

emilimi simüle eden diyalize edilebilir fraksiyondan daha fazla TFM içerdiği belirlenmiştir.

7. En yüksek antibakteriyal aktivitenin ayva yaprağında görüldüğü ve ekstrakta en duyarlı grubun Gram-pozitif patojenler olduğu ve MİK değerlerinin 0,78 mg/mL; MBK değerlerinin 1,56 - 3,12 mg/mL arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca, ayva yaprağı ekstraktının küf ve mayalar üzerindeki antifungal etkisinin de diğer ayva bölümlerine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
8. Kabuk ekstraktının antibakteriyal sonuçları yaprak ekstraktı ile kıyaslandığında, Gram-pozitifler üzerinde yaprak ekstraktının, Gram-negatiflerde ise genel olarak kabuk ekstraktının üstün olduğu görülmüştür. Özellikle *E. coli* O157:H7 NCTC 12900 ve *S. Typhimurium* ATCC 14028 için MİK değerleri sırasıyla yaprak ekstraktına kıyasla 2 ve 4 kat daha düşük tespit edilmiştir.
9. Ayva yaprağı, kabuğu, suyu ve posasında küf ve mayalarda antifungal etkinin belirli bir doza kadar artış gösterdiği ve ardından azaldığı görülmüştür. Bu durum ayvada bulunan polisakkaritelerin küf-mayalarda bulun yüksek enzimatik aktivite yetenekleri sayesinde bu bileşikleri metabolize etmeleri ile ilişkilendirilmiştir.
10. Ayva çekirdeğinin en düşük toplam fenolik ve antioksidan aktiviteye sahip olmasına rağmen, *E. coli* ATCC 35218'e, küf ve mayalara daha etkili olduğu belirlenmiştir.
11. *K. pneumoniae* ATCC 700603'ün ayva bölümlerinin tüm ekstraktlarına karşı en dirençli bakteri olduğu tespit edilmiştir.
12. Sindirilmiş ayva bölümlerinin tamamına duyarlı olan tek bakterinin *S. aureus* ATCC 6538 olduğu, ayva yaprağının *E. faecalis* ATCC 8213 haricindeki tüm patojen bakterileri farklı dozlarda inhibe ettiği belirlenmiştir. Sindirim sonrası kabuk, posa ve suyun test edilen bakterilerin hiçbirini inhibe edemediği, bu

durumun sindirim sonrası dönüşen yeni bileşiklerin daha az antimikrobiyal özelliklere sahip olması ile açıklanabileceği ortaya konmuştur.

13. Yaprığın fenolik ekstraktından etkilenmeyen *K. pneumoniae* ATCC 700603 ve küflerin *in vitro* sindirim sonrası etkilenmesi oldukça dikkat çekici bulunmuştur.
14. Ayva kabuğu ilaveli yoğurtlarda inkübasyon başlangıcında kontrole kıyasla daha düşük pH değerleri ölçülse de, bu etki inkübasyon boyunca etkili olmamıştır. Ürünlerin kuru madde değerlerinde beklenildiği gibi kabuk ilavesi arttıkça kuru madde değeri artmıştır.
15. Yoğurtlarda görünüş, kıvam, tat ve koku bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmezken, tüm izlenim bakımından kıyaslandığında K-PY en yüksek skoru aldığı ve ayva kabuğu ilaveli yoğurtların duyuşal olarak daha az beğenildiği saptanmıştır. Bu durum ayva kabuğunun pütürlü yapısı ve kabuğun yutma esnasında takılma hissi ile ilgili olabilir. Yüksek TFM miktarına ve biyolojik aktiviteye sahip ayva kabuğunun yoğurtta tercih edilebilirliğini arttırmak adına, ayva posası ile birlikte ya da ekstraktın doğrudan kullanımı önerilebilir.
16. Sinerezisin en fazla %3 AK-Y kodlu yoğurtta tespit edildiği, artan kuru maddeye rağmen bu durumun yaşanmasında depolama sonunda gelişen yüksek post-asidifikasyonun etkili olduğu saptanmıştır.
17. Ayva kabuğu ilavesinin yoğurtların  $L^*$  değerlerini azalttığı,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerini ise arttırdığı belirlenmiştir.
18. Yoğurtların pseudoplastik akış davranışı sergiledikleri, en düşük K değerinin %3 AK-Y kodlu üründe ölçüldüğü, depolama sonunda özellikle ayva kabuğu ilaveli probiyotik yoğurtlarda daha kıvamlı ürün yapısı elde edildiği belirlenmiştir. En düşük sıklık değerlerinin de %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurtlarda olduğu, reolojik ve tekstür analiz sonuçlarının sinerezis bulgularını desteklediği görülmüştür.

19. Tüm ölçüm zamanlarında en düşük TFM miktarına sahip grubun kontrol yoğurt olduğu, bunu probiyotik bakteri içeren kontrol örneğin takip ettiği, ayva kabuğu ilavesi arttıkça yoğurtların TFM miktarının da arttığı tespit edilmiştir. Tüm ölçüm zamanlarında %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurtların kendi kontrol gruplarına kıyasla 3-4,5 kat fazla fenolik maddeye sahip olduğu ortaya konmuştur. Buna paralel olarak ayva kabuğu ilavesinin yoğurtlarda AA'yı istatistiksel olarak arttırdığı, doz azaldıkça biyolojik aktivitenin de azaldığı belirlenmiştir.
20. Depolama başlangıcında yoğurtlar küf tespit edilmemiştir Ancak depolamanın 14. günde sadece %3 ayva kabuğu ilaveli yoğurtlarda (%3 AK-Y ve %3 AK-PY), 28. günde ise tüm ayva kabuğu katkılı yoğurtlarda küf üremesi görülmüştür. Bu sonuçlar UV-sterilizasyonun ayva kabuğundan gelen küf popülasyonunu inhibe etmede yeteri kadar başarılı olmadığını ve alternatif yöntemlerin veya çoklu seçeneklerin değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayva kabuğunun liyofilizasyon öncesi klorlu su ile yıkanması, sıcak suya daldırılması ya da potasyum sorbat çözeltisi ile silinmesi de bu konuda fayda sağlayabilir.
21. Tüm probiyotik yoğurtlarda raf ömrü boyunca *L. acidophilus* LA-5 sayısında terapötik dozun sağlanabildiği ancak kontrol grubu yoğurdun raf ömrü sonunda daha az sayıda *L. acidophilus* LA-5 içermesi ayva kabuğunun *L. acidophilus* LA5 canlılığı üzerinde olumlu etkisi olarak yorumlanabilir.

## KAYNAKÇA

- Acharjee, A., Muntazima, S. ve Nandan, A. (2021). Physicochemical , textural , and rheological properties of yoghurt enriched with orange pomace powder. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), e15193. 1–10. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15193>
- Al-Duais, M., Müller, L., Böhm, V. ve Jetschke, G. (2009). Antioxidant capacity and total phenolics of *Cyphostemma digitatum* before and after processing: Use of different assays. *European Food Research and Technology*, 228(5), 813–821. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0994-8>
- Al-Zughbi, I. ve Krayem, M. (2022). Quince fruit *Cydonia oblonga* Mill nutritional composition, antioxidative properties, health benefits and consumers preferences towards some industrial quince products: A review. *Food Chemistry*, 393(May), 133362. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133362>
- Alam, F., Mohammadin, K., Shafique, Z., Amjad, S. T. ve Asad, M. H. H. bin. (2022). Citrus flavonoids as potential therapeutic agents: A review. *Phytotherapy Research*, 36(4), 1417–1441. <https://doi.org/10.1002/ptr.7261>
- Alara, O. R., Abdurahman, N. H. ve Ukaegbu, C. I. (2021). Extraction of phenolic compounds: A review. *Current Research in Food Science*, 4 (December 2020), 200–214. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>
- Albuquerque, B. R., Heleno, S. A., Oliveira, M. B. P. P., Barros, L. ve Ferreira, I. C. F. R. (2021). Phenolic compounds: Current industrial applications, limitations and future challenges. *Food and Function*, 12(1), 14–29. <https://doi.org/10.1039/d0fo02324h>
- Alizadeh, H., Rahnema, M., Semnani, S. N. ve Ajalli, M. (2014). Synergistic antifungal effects of quince leaf's extracts and silver nanoparticles on *Aspergillus niger*. *Journal of Applied Biological Sciences*, 8(3), 10–13.
- Alizadeh, H., Rahnema, M., Semnani, S. N. ve Hajizadeh, N. (2013). Detection of Compounds and Antibacterial Effect of Quince (*Cydonia oblonga* Miller) Extracts in vitro and in vivo. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 3(5–6), 303–309. <https://doi.org/10.1080/22311866.2013.817731>
- Alongi, M. ve Anese, M. (2021). Re-thinking functional food development through a holistic approach. *Journal of Functional Foods*, 81(March), 104466. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104466>
- Altuntas, S. ve Korukluoglu, M. (2019). The impact of different commercial probiotic



cultures with starters on technological, physicochemical and sensorial properties of a traditional yogurt-based appetizer “Cacik.” *Mljekarstvo*, 193–205. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2019.0305>

Alvi, T., Asif, Z. ve Iqbal Khan, M. K. (2022). Clean label extraction of bioactive compounds from food waste through microwave-assisted extraction technique-A review. *Food Bioscience*, 46(January), 101580. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101580>

Ambriz-Pérez, D. L., Leyva-López, N., Gutierrez-Grijalva, E. P. ve Heredia, J. B. (2016). Phenolic compounds: Natural alternative in inflammation treatment. A Review. *Cogent Food and Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1131412>

Antoniewska, A., Rutkowska, J. ve Pineda, M. M. (2019). Antioxidative, sensory and volatile profiles of cookies enriched with freeze-dried Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) fruits. *Food Chemistry*, 286(January), 376–387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.029>

AOAC International (1990). Official Methods of Analysis of AOAC International. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC

AOAC International (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC

Arora, S., Chaudhary, G., Yadav, U., Singh, T. P. ve Bathla, S. (2021). Evaluation of physico-chemical and organoleptic characteristics of sweetened stirred plum (*Prunus domestica*) yoghurt during storage. *International Journal of Dairy Science*, 74(4), 294–300.

Ashraf, M. U., Muhammad, G., Hussain, M. A. ve Bukhari, S. N. A. (2016). *Cydonia oblonga* M., A medicinal plant rich in phytonutrients for pharmaceuticals. *Frontiers in Pharmacology*, 7(JUN), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fphar.2016.00163>

Atwaa, E. S. H., Shahein, M. R., El-sattar, E. S. A., Hussin, H., Hijazy, A., Albrakati, A. ve Elmahallawy, E. K. (2022). Bioactivity, Physicochemical and sensory properties of probiotic yoghurt made from whole milk powder Reconstituted in Aqueous Fennel Extract. *Fermentation*, 8(52), 1–11.

Azeem, M., Hanif, M., Mahmood, K., Ameer, N., Sajid Chughtai, F. R. ve Abid, U. (2023). An insight into anticancer, antioxidant, antimicrobial, antidiabetic and anti-inflammatory effects of quercetin: a review. *Polymer Bulletin*, 80(1), 241–262. <https://doi.org/10.1007/s00289-022-04091-8>

Bajko, E., Kalinowska, M., Borowski, P., Siergiejszyk, L. ve Lewandowski, W. (2016). 5-O-Caffeoylquinic acid: A spectroscopic study and biological screening for antimicrobial activity. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.024>

- Balasundram, N., Sundram, K. ve Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1), 191–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>
- Balouiri, M., Sadiki, M. ve Ibsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review \$. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>
- Baroni, M. V., Gastaminza, J., Podio, N. S., Lingua, M. S., Wunderlin, D. A., Rovasio, J. L., Dotti, R., Rosso, J. C., Ghione, S. ve Ribotta, P. D. (2018). Changes in the antioxidant properties of quince fruit (*Cydonia oblonga* Miller) during jam production at industrial scale. *Journal of Food Quality*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1460758>
- Basile, A., Giordano, S., Lopez-Saez, J. A. ve Castaldo Cobiañchi, R. (1999). Antibacterial activity of pure flavonoids isolated from mosses. *Phytochemistry*, 52, 1479–1482.
- Belokurov, S. S., Narkevich, I. A., Flisyuk, E. V, Kaukhova, I. E. ve Aroyan, M. V. (2019). Drug synthesis methods and manufacturing technology modern extraction methods for medicinal plant raw material (Review). *Pharmaceutical Chemistry Journal* 53(6), 559–563. <https://doi.org/10.1007/s11094-019-02037-5>
- Benahmed Djilali, A., Mehraz, R., Bouacem, K., Benseddik, A., Moualek, I., Nabiev, M. ve Benzara, A. (2021). Bioactive substances of *Cydonia oblonga* fruit: Insecticidal effect of tannins on *Tribulium confusum*. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 721–731. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1926395>
- Benzarti, S., Belkadhi, K. ve Hamdi, H. (2018). Biological activities of phenolics from leaves of Tunisian *Cydonia oblonga* miller. *Allelopathy Journal*, 45(2), 229–242. <https://doi.org/10.26651/allelo.j/2018-45-2-1189>
- Bilici, C. (2017). *Lepidium meyenii* tozu ve propolis ekstraktı ilave edilerek fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş yoğurt üretilmesi (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=cORo5oCl1S5IV2GU7L79yA&no=h4LKiLQZL31CCVlosScXA>
- Bobinaitė, R., Grootaert, C., Camp, J. Van, Antanas, Š., Liaudanskas, M., Žvikas, V., Viškelis, P. ve Rimantas Venskutonis, P. (2020). Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and antiproliferative activities of the extracts isolated from the pomace of rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.). *Food Research International*, 136, 109310. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109310>
- Bobo-García, G., Davidov-Pardo, G., Arroqui, C., Vírveda, P., Marín-Arroyo, M. R. ve Navarro, M. (2015). Intra-laboratory validation of microplate methods for total phenolic content and antioxidant activity on polyphenolic extracts, and comparison with conventional spectrophotometric methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(1), 204–209. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6706>

- Bouacida, S., Snoussi, A., Chouaibi, M., Haj Koubaier, H. Ben, Essaidi, I. ve Bouzouita, N. (2022). Quality characteristics of stirred yoghurt added with myrtus. *Chemistry Africa*, 5(5), 1723–1732. <https://doi.org/10.1007/s42250-022-00429-x>
- Bouarab-chibane, L., Forquet, V., Lantéri, P. ve Clément, Y. (2019). Antibacterial properties of polyphenols : Characterization and QSAR (Quantitative Structure – Activity Relationship) models. *Frontiers in microbiology*, 10, 829 <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00829>
- Buchmann, D., Schultze, N., Borchardt, J., Schaufler, K. ve Guenther, S. (2022). Synergistic antimicrobial activities of epigallocatechin gallate , myricetin , daidzein , gallic acid , epicatechin , methoxyflavone and genistein combined with antibiotics against ESKAPE pathogens. *Journal of Applied Microbiology*, 132(2), 949-963. <https://doi.org/10.1111/jam.15253>
- Burak, Ş., Gülşah, Ç., Koç, Ç., Nur, S., Gülfem, D., Ayşe, Ü. ve Akalın, S. (2020). Textural and sensorial characteristics of set - type yogurt containing Bifidobacterium animalis subsp . lactis Bb - 12 and quince powder. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(6), 3067–3077. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00552-8>
- Burcu, B. (2017). *Ayva, nar ve kara havuç sularına santrifüj destekli dondurarak konsantrasyon yöntemi uygulanması ve verim ile fenolik madde içeriği üzerine etkisinin incelenmesi* (Yüksel Lisans Tezi). Erişim adresi: [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=iDPxe2GRGrX4VFKiyf1kaQ&no=2S3BXg5drLQrpLmRm3R\\_8Q](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=iDPxe2GRGrX4VFKiyf1kaQ&no=2S3BXg5drLQrpLmRm3R_8Q)
- Butler, M. J. ve Barrientos, R. M. (2020). The impact of nutrition on COVID-19 susceptibility and long-term consequences. *Brain Behavior and Immunity*, 87, 53–54. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.04.040>
- Çağındı, Ö., Köse, E. ve İnce, C. (2021). Ekşi maya fermantasyonu ile üretilen ekmeklerdeki biyoaktif bileşenlerin *in vitro* biyoerişilebilirliği ve sağlık üzerine etkileri. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(9), 1686–1694. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i9.1686-1694.3806>
- Carrera, C., Ruiz-Rodríguez, A., Palma, M. ve Barroso, C. G. (2012). Ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from grapes. *Analytica Chimica Acta*, 732, 100–104. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.11.032>
- Castro, M. D. L. De. (2010). Soxhlet extraction : Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2383–2389. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.11.027>
- Cerempei, A., Mureşan, E. I., Cimpoeşu, N., Carp-Cărare, C. ve Rimbu, C. (2016). Dyeing and antibacterial properties of aqueous extracts from quince (*Cydonia oblonga*) leaves. *Industrial Crops and Products*, 94, 216–225. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.08.018>

- Chan, C., Gan, R., Shah, N. P. ve Corke, H. (2018). Polyphenols from selected dietary spices and medicinal herbs differentially affect common food-borne pathogenic bacteria and lactic acid bacteria. *Food Control*, 92, 437–443. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.05.032>
- Chen, G., Chen, S., Zhao, Y., Luo, C., Li, J. ve Gao, Y. (2014). Total phenolic contents of 33 fruits and their antioxidant capacities before and after *in vitro* digestion. *Industrial Crops ve Products*, 57, 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.03.018>
- Chetachukwu, A. S., Thongraung, C. ve Yupanqui, C. T. (2019). Development of reduced-fat coconut yoghurt: Physicochemical, rheological, microstructural and sensory properties. *International Journal of Dairy Technology*, 72(4), 524–535. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12600>
- Cioch, M., Satora, P., Skotniczny, M. ve Semik-szczurak, D. (2017). Characterisation of antimicrobial properties of extracts of selected medicinal plants. *Polish Journal of Microbiology*, 66(4), 463–472.
- Cong-cong, X. U., Bing, W., Yi-qiong, P. U., Jian-sheng, T. A. O. ve Tong, Z. (2017). Advances in extraction and analysis of phenolic compounds from plant materials. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 15(10), 721–731. [https://doi.org/10.1016/S1875-5364\(17\)30103-6](https://doi.org/10.1016/S1875-5364(17)30103-6)
- Corrêa, R. C. G., Haminiuk, C. W. I., Barros, L., Dias, M. I., Calhelha, R. C., Kato, C. G., Correa, V. G., Peralta, R. M. ve Ferreira, I. C. F. R. (2017). Stability and biological activity of Merlot (*Vitis vinifera*) grape pomace phytochemicals after simulated *in vitro* gastrointestinal digestion and colonic fermentation. *Journal of Functional Foods*, 36, 410–417. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.07.030>
- Correa, V. G., Gonçalves, G. A., Sá-nakanishi, A. B. De, Ferreira, I. C. F. R., Barros, L., Dias, M. I., Koehnlein, E. A., Souza, C. G. M. De, Bracht, A. ve Peralta, R. M. (2017). Effects of *in vitro* digestion and *in vitro* colonic fermentation on stability and functional properties of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A . St . Hil .) beverages. *Food Chemistry*, 237, 453–460. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.125>
- Cristina, D., Cateno, V., Melilli, B., Drago, F. ve Salomone, S. (2013). Isoflavones : estrogenic activity , biological effect and bioavailability. *European journal of drug metabolism and pharmacokinetics*, 38, 15-25. <https://doi.org/10.1007/s13318-012-0112-y>
- Cueva, C., Moreno-arribas, M. V., Martí'n-A' lvarez, P. J., Bills, G., Vicente, M. F., Basilio, A., Rivas Lo'pez, C., Requena, T., Rodr'iguez, J. M. ve Bartolome, B. (2010). Antimicrobial activity of phenolic acids against commensal , probiotic and pathogenic bacteria. *Research in Microbiology*, 161(5), 372-382. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2010.04.006>

- Cvjetko Bubalo, M., Vidović, S., Radojčić Redovniković, I. ve Jokić, S. (2018). New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents. *Food and Bioproducts Processing*, 109, 52–73. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.03.001>
- Darvishi, E., Kahrizi, D., Arkan, E., Hosseinabadi, S. ve Nematpour, N. (2021). Preparation of bio-nano bandage from quince seed mucilage / ZnO nanoparticles and its application for the treatment of burn. *Journal of Molecular Liquids*, 339, 116598. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.116598>
- de Morais, J. S., Sant'Ana, A. S., Dantas, A. M., Silva, B. S., Lima, M. S., Borges, G. C. ve Magnani, M. (2020). Antioxidant activity and bioaccessibility of phenolic compounds in white, red, blue, purple, yellow and orange edible flowers through a simulated intestinal barrier. *Food Research International*, 131, 109046. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109046>
- de Souza Oliveira, P. R., Torres, B. R., Perego, P., de Oliveira, N. M. ve Converti, A. (2012). Co-metabolic models of *Streptococcus thermophilus* in co-culture with *Lactobacillus bulgaricus* or *Lactobacillus acidophilus*. *Biochemical Engineering Journal*, 62, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2012.01.004>
- Demirkol, M. ve Tarakci, Z. (2018). LWT - Food Science and Technology Effect of grape (*Vitis labrusca* L.) pomace dried by different methods on physicochemical, microbiological and bioactive properties of yoghurt. *LWT - Food Science and Technology*, 97, 770–777. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.058>
- Denev, P., Kratchanova, M., Ciz, M., Lojek, A., Vasicek, O., Nedelcheva, P., Blazheva, D., Toshkova, R., Gardeva, E., Yossifova, L., Hyrsi, P. ve Vojtek, L. (2014). Biological activities of selected polyphenol-rich fruits related to immunity and gastrointestinal health. *Food Chemistry*, 157, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.022>
- Deng, J., Xu, Z., Xiang, C., Liu, J., Zhou, L., Li, T. ve Yang, Z. (2017). Comparative evaluation of maceration and ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from fresh olives. *Ultrasonics Sonochemistry*, 37, 328–334. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.01.023>
- Deshwal, G. K., Tiwari, S., Kumar, A., Raman, R. K. ve Kadyan, S. (2021). Review on factors affecting and control of post-acidification in yoghurt and related products. *Trends in Food Science ve Technology*, 109, 499-512.
- Dhua, S., Kumar, K., Sharanagat, V. S. ve Nema, P. K. (2022). Bioactive compounds and its optimization from food waste: review on novel extraction techniques. *Nutrition and Food Science*, 52(8), 1270–1288. <https://doi.org/10.1108/NFS-12-2021-0373>
- Dias, M. I., Sousa, M. J., Alves, R. C. ve Ferreira, I. C. F. R. (2016). Exploring plant tissue culture to improve the production of phenolic compounds: A review. *Industrial Crops and Products*, 82, 9–22. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.016>

- Dimkič, I., Ristivojevi, P., Janakiev, T., Beri, T., Trifkovi, J., Milojkovič-Opsenica, D. ve Stankovič, S. (2016). Phenolic profiles and antimicrobial activity of various plant resins as potential botanical sources of Serbian propolis. *Industrial Crops and Products*, 94, 856-871. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.065>
- Dokoohaki, Z. N., Sekhavatizadeh, S. S. ve Hosseinzadeh, S. (2019). Dairy dessert containing microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* ( ATCC 53103 ) with quince seed mucilage as a coating material. *LWT - Food Science and Technology*, 115, 108429. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108429>
- dos Santos, K. M., de Oliveira, I. C., Lopes, M. A., Gil Cruz, A. P., Buriti, F. C. ve Cabral, L. M. (2016). Addition of grape pomace extract to probiotic fermented goat milk : the effect on phenolic content , probiotic viability and sensory acceptability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(4), 1108-1115. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7836>
- Dubeau, S. ve Samson, G. (2010). Dual effect of milk on the antioxidant capacity of green, Darjeeling, and English breakfast teas. *Food Chemistry*, 122(3), 539–545. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.005>
- Dutra, R. L. T., Dantas, A. M., Marques, D. de A., Batista, J. D. F., Meireles, B. R. L. de A., de Magalhães Cordeiro, Â. M. T., Magnani, M. ve Borges, G. da S. C. (2017). Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in frozen pulps of Brazilian exotic fruits exposed to simulated gastrointestinal conditions. *Food Research International*, 100, 650–657. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.047>
- Ecevit, K., Barros, A. A., Silva, J. M. ve Reis, R. L. (2022). Preventing microbial infections with natural phenolic compounds. *future pharmacology*, 2(4), 460-498. <https://doi.org/10.3390/futurepharmacol2040030>
- El-Batawy, O. I., Ashoush, I. S. ve Mehanna, N. S. (2014). Impact of mango and pomegranate peels supplementation on quality characteristics of yoghurt with or without whey powder. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 9(1), 57–65. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjdfs.2014.9.1.1133>
- El-kholy, W. M., Bisar, G. H. ve Aamer, R. A. (2023). Impact of inulin extracted , purified from (Chicory and Globe artichoke) roots and the combination with maltodextrin as prebiotic dietary fiber on the functional properties of stirred bio-yogurt. *Food and Nutrition Sciences*, 14(2), 70-89. <https://doi.org/10.4236/fns.2023.142006>
- El-Said, M. M., Haggag, H. F., Fakhr El-Din, H. M., Gad, A. S. ve Farahat, A. M. (2014). Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts. *Annals of Agricultural Sciences*, 59(2), 207–212. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2014.11.007>
- Espírito-Santo, A. P., Lagazzo, A., Sousa, A. L. O. P., Perego, P., Converti, A. ve Oliveira,

- M. N. (2013). Rheology, spontaneous whey separation, microstructure and sensorial characteristics of probiotic yoghurts enriched with passion fruit fiber. *Food Research International*, 50(1), 224–231. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.012>
- Essafi-Benkhadir, K., Refai, A., Riahi, I., Fattouch, S., Karoui, H. ve Essafi, M. (2012). Quince (*Cydonia oblonga* Miller) peel polyphenols modulate LPS-induced inflammation in human THP-1-derived macrophages through NF- $\kappa$ B, p38MAPK and Akt inhibition. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 418(1), 180–185. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2012.01.003>
- Fathy, H. M., El-maksoud, A. A. A. ve Cheng, W. (2022). Value-added utilization of citrus peels in improving functional properties and probiotic viability of yoghurt during cold storage. *Foods*, 11(17), 2677. <https://doi.org/10.3390/foods11172677>
- Fattouch, S, Caboni, P., Coroneo, V., Tuberoso, C., Angioni, A., Dessi, S., Marzouki, N. ve Cabras, P. (2008). Comparative analysis of polyphenolic profiles and antioxidant and antimicrobial activities of tunisian pome fruit pulp and peel aqueous acetone extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 1084–1090. <https://doi.org/10.1021/jf072409e>
- Fattouch, S, Caboni, P., Coroneo, V., Tuberoso, C. I. G., Angioni, A., Dessi, S., Marzouki, N. ve Cabras, P. (2007). Antimicrobial activity of tunisian quince (*Cydonia oblonga* Miller) pulp and peel polyphenols extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(3), 963–969. <https://doi.org/10.1021/jf062614e>
- Feumba, R., Panyoo, E., P, A. R., Metsatedem, Q., Moses, C. ve Mbofung, F. (2020). Effect of microwave blanching on antioxidant activity , phenolic compounds and browning behaviour of some fruit peelings. *Food Chemistry*, 302, 125308. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125308>
- Fritsch, C., Heinrich, V., Vogel, R. F. ve Toelstede, S. (2016). Phenolic acid degradation potential and growth behavior of lactic acid bacteria in sun flower substrates. *Food Microbiology*, 57, 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.03.003>
- Gao, J., Yang, Z., Zhao, C., Tang, X., Jiang, Q. ve Yin, Y. (2022). A comprehensive review on natural phenolic compounds as alternatives to in-feed antibiotics. *Science China Life Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s11427-022-2246-4>
- Gatto, M. T., Falcocchio, S., Grippa, E., Mazzanti, G., Battinelli, L., Nicolosi, G. ve Saso, L. (2002). Antimicrobial and anti-lipase activity of quercetin and its C2-C16 3-O-acyl-esters. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 10(2), 269-272. [https://doi.org/10.1016/S0968-0896\(01\)00275-9](https://doi.org/10.1016/S0968-0896(01)00275-9)
- Gebara, C., Ribeiro, M. C. E., Chaves, K. S., Gandara, A. L. N. ve Gigante, M. L. (2015). Effectiveness of different methodologies for the selective enumeration of *Lactobacillus acidophilus* La5 from yoghurt and Prato cheese. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 508–513. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.061>

- Geraldi, M. V, Tulini, F. L., Souza, V. M. ve Martinis, E. C. P. De. (2018). Development of yoghurt with juçara pulp (*Euterpe edulis* M.) and the probiotic *Lactobacillus acidophilus* La5. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 10, 71-76. <https://doi.org/10.1007/s12602-017-9280-z>
- Gerçekçioğlu, R., Ertürk, A. ve Öz Atasever, Ö. (2018). Bitki büyümesini teşvik edici rizobakteri (PGPR) uygulamasının eşme ayva çeşidinin. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 35(2018-3), 209-216. <https://doi.org/10.13002/jafag4299>
- Govardhan Singh, R. S., Negi, P. S. ve Radha, C. (2013). Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1883-1891. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.09.009>
- Griñán, I., Galindo, A., Rodríguez, P., Morales, D., Corell, M. ve Centeno, A. (2019). Volatile composition and sensory and quality attributes of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) fruits as affected by water stress. *Scientia Horticulturae*, 244, 68-74. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.013>
- Gul, O., Saricaoglu, F. T. ve Atalar, I. (2021). Effect of high pressure homogenization on microstructure and rheological properties of hazelnut beverage cold-set gels induced glucono- $\delta$ -lactone. *LWT - Food Science and Technology*, 143, 111154. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111154>
- Hamad, H. A. M. (2016). Phenolic compounds: classification, chemistry, and updated techniques of analysis and synthesis. In *Intech* (Vol. 11, Issue tourism, p. 13). <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>
- Hamed, A. N. E., Samy, M. N., Mahmoud, B. K., Attia, E. Z., Ali, T. F. S., Ahmed, H. ve Kamel, M. S. (2021). Flavonoidal glycosides and *in vitro* antioxidant activity of *Bignonia binata* Thunb. leaves Family Bignoniaceae and *in silico* evidence of their potential anti-COVID-19 activity. *Journal of Advanced Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, 4(2), 98-106. <https://doi.org/10.21608/jabps.2021.59606.1118>
- Haminiuk, C. W. I., Maciel, G. M., Plata-Oviedo, M. S. V. ve Peralta, R. M. (2012). Phenolic compounds in fruits - an overview. *International Journal of Food Science ve Technology*, 47(10), 2023-2044. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03067.x>
- Hanan, E., Sharma, V. ve Ahmad, F. J. (2020). Nutritional composition, phytochemistry and medicinal use of quince (*Cydonia oblonga* Miller) with emphasis on its processed and fortified food. *Journal of Food Processing ve Technology*, 11(6), 1-13. <https://doi.org/10.35248/2157-7110.20.11.831>
- Heleno, S. A., Barros, L., Martins, A., Morales, P., Fernández-Ruiz, V., Glamoclija, J.,



- Sokovic, M. ve Ferreira, I. C. F. R. (2015). Nutritional value, bioactive compounds, antimicrobial activity and bioaccessibility studies with wild edible mushrooms. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 799–806. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.028>
- Hemmati Asghar, A., Kalantari, H., Jalali, A., Rezai, S. ve Haghghi, H. (2012). Healing effect of quince seed mucilage on T-2 toxin-induced dermal toxicity in rabbit. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 64(3), 181–186. <https://doi.org/10.1016/j.etp.2010.08.004>
- Herald, T. J., Gadgil, P. ve Tilley, M. (2012). High-throughput micro plate assays for screening flavonoid content and DPPH-scavenging activity in sorghum bran and flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(11), 2326–2331. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5633>
- Hernández-Herrero, J. A. ve Frutos, M. J. (2014). Effect of concentrated plum juice on physicochemical and sensory properties of yoghurt made at bench top scale. *International Journal of Dairy Technology*, 67(1), 123–128. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12101>
- Heydari, S., Amiri-Rigi, A., Ehsani, M. R., Mohammadifar, M. A., Khorshidian, N., Koushki, M. R. ve Mortazavian, A. M. (2018). Rheological behaviour, sensory properties and syneresis of probiotic yoghurt supplemented with various prebiotics. *International Journal of Dairy Technology*, 71(1), 175–184. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12491>
- Hossain, A., Park, H., Park, S., Park, S. ve Seo, M. (2020). Synergism of the combination of traditional antibiotics and novel phenolic compounds against *Escherichia coli*. *Pathogens*, 9(10), 811. <https://doi.org/10.3390/pathogens9100811>
- Huang, D., Wang, J., Li, F., Xie, M., Qu, Q., Wang, Y., Sun, W., Wu, C., Xu, W., Xiong, R., Ding, Y., Yang, A. ve Huang, C. (2023). Optimization of the ultrasound-assisted extraction for phenolic compounds content and antioxidant activity of Cortex fraxini using response surface methodology. *European Journal of Wood and Wood Products*, 81(3), 685-697. <https://doi.org/10.1007/s00107-022-01912-5>
- Illupapalayam, V. V, Smith, S. C. ve Gamlath, S. (2014). LWT - Food Science and Technology Consumer acceptability and antioxidant potential of probiotic-yogurt with spices. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1), 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.025>
- Issar, K., Sharma, P. C. ve Gupta, A. (2017). Utilization of apple pomace in the preparation of fiber-enriched acidophilus yoghurt. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), e13098. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13098>
- Jiménez-Redondo, N., Vargas, A. E., Teruel-Andreu, C., Lipan, L., Muelas, R., Hernández-García, F., Sendra, E. ve Cano-Lamadrid, M. (2022). Evaluation of cinnammon (*Cinnamomum cassia* and *Cinnamomum verum*) enriched yoghurt

- during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113240>
- Jouki, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A. ve Koocheki, A. (2014). Quince seed mucilage films incorporated with oregano essential oil: Physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties. *Food Hydrocolloids*, 36, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.08.030>
- Jovanovic, M., Petrovic, M., Miocinovic, J., Zlatanovic, S., Petronijevic, J. L., Mitic-Culafic, D. ve Gorjanovic, S. (2020). Bioactivity and sensory properties of probiotic yogurt fortified with apple pomace flour. *Foods*, 9(763). <https://doi.org/10.3390/foods9060763>
- Karaaslan, M., Ozden, M., Vardin, H. ve Turkoglu, H. (2011). Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 44(4), 1065–1072. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.009>
- Karaca, O. B., Güzeler, N., Tangüler, H., Yasar, K. ve Akin, M. B. (2019). Effects of apricot fibre on the physicochemical characteristics, the sensory properties and bacterial viability of nonfat probiotic yoghurts. *Foods*, 8(33), 1–15. <https://doi.org/10.3390/foods8010033>
- Karakaya, S. (2010). Bioavailability of phenolic compounds. *Critical reviews in food science and nutrition*, 44(6), 453-464. <https://doi.org/10.1080/10408690490886683>
- Karar, M. G. E., Pletzer, D., Jaiswal, R., Weingart, H. ve Kuhnert, N. (2014). Identification, characterization, isolation and activity against *Escherichia coli* of quince (*Cydonia oblonga*) fruit polyphenols. *Food Research International*, 65(PA), 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.040>
- Kaur, B. ve Panesar, P. S. (2022). Standardization of ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from mango peels. *Journal of Food Science and Technology*, 59(7), 2813–2820. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05304-0>
- Kennas, A., Amellal-chibane, H., Kessal, F. ve Halladj, F. (2020). Effect of pomegranate peel and honey fortification on physicochemical, physical, microbiological and antioxidant properties of yoghurt powder. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(1), 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.07.001>
- Khochapong, W., Ketnawa, S., Ogawa, Y. ve Punbusayakul, N. (2021). Effect of *in vitro* digestion on bioactive compounds, antioxidant and antimicrobial activities of coffee (*Coffea arabica* L.) pulp aqueous extract. *Food Chemistry*, 348, 129094. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129094>
- Khoddami, A., Wilkes, M. A. ve Roberts, T. H. (2013). Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, 18(2), 2328–2375. <https://doi.org/10.3390/molecules18022328>

- Kirtil, E. ve Oztop, M. H. (2016). Characterization of emulsion stabilization properties of quince seed extract as a new source of hydrocolloid. *FRIN*, 85, 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.019>
- Kılıç, T. (2021). *Amasya ve piraziz elma çeşitlerinin biyoaktif özelliklerinin belirlenmesi* (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Konak Göztepe, Ç. (2017). *Tam olgunlaşmadan hasat edilen buğday unu ile zenginleştirilen yoğurdun probiyotik ve prebiyotik özelliklerinin belirlenmesi* (Doktora Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=QtqLRxjXUpHnQBCDTFubg&no=rMQycVR7tIArFHo-IJUIQA>
- Kurt, A. ve Atalar, I. (2018). Effects of quince seed on the rheological , structural and sensory characteristics of ice cream. *Food Hydrocolloids*, 82, 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.011>
- Lama-Muñoz, A. ve Contreras, M. del M. (2022). Extraction systems and analytical techniques for food phenolic compounds: A review. *Foods*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/foods11223671>
- Lasano, N. F., Ramli, N. S., Hamid, A. H., Karim, R., Pak Dek, M. S. ve Shukri, R. (2019). Effects of different extraction solvents on polyphenols and antioxidant capacity of peel, pulp and seed kernel of kuini (*Mangifera odorata*). *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 19(3), 277–286. <https://doi.org/10.1007/s13596-019-00383-z>
- Lee, S. Y., Lee, S. J., Yim, D. G. ve Hur, S. J. (2020). Changes in the content and bioavailability of onion quercetin and grape resveratrol during *in vitro* human digestion. *Foods*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/foods9060694>
- Lele, V., Monstavičiute, E., Varinauskaite, I., Peckaityte, G., Paskeviciute, L., Plytnikaite, M., Tamosiunaite, V., Pikunaite, M., Ruzauskas, M., Stankevicius, R. ve Bartkiene, E. (2018). Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) and quince (*Cydonia oblonga* L.) juices and their by-products as ingredients showing antimicrobial and antioxidant properties for chewing candy: Nutraceutical Formulations. *Journal of Food Quality*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3474202>
- Lima, M. C., Sousa, C. P. De, Fernandez-prada, C., Harel, J., Dubreuil, J. D. ve Souza, E. L. De. (2019). A review of the current evidence of fruit phenolic compounds as potential antimicrobials against pathogenic bacteria. *Microbial Pathogenesis*, 130, 259–270. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.03.025>
- Lingua, M. S., Theumer, M. G., Kruzynski, P., Wunderlin, D. A. ve Baroni, M. V. (2019). Bioaccessibility of polyphenols and antioxidant properties of the white grape by simulated digestion and Caco-2 cell assays: Comparative study with its winemaking product. *Food Research International*, 122, 496–505. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.05.022>

- Lingua, M. S., Wunderlin, D. A. ve Baroni, M. V. (2018). Effect of simulated digestion on the phenolic components of red grapes and their corresponding wines. *Journal of Functional Foods*, 44, 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.02.034>
- Lv, Q. Z., Long, J. T., Gong, Z. F., Nong, K. Y., Liang, X. M., Qin, T., Huang, W. ve Yang, L. (2021). Current state of knowledge on the antioxidant effects and mechanisms of action of polyphenolic compounds. *Natural Product Communications*, 16(7). <https://doi.org/10.1177/1934578X211027745>
- Ma, Y., Chen, J., Liu, D. ve Ye, X. (2009). Ultrasonics sonochemistry simultaneous extraction of phenolic compounds of citrus peel extracts: Effect of ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16(1), 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2008.04.012>
- Ma, Y. L., Sun, P., Feng, J., Yuan, J., Wang, Y., Shang, Y. F., Niu, X. L., Yang, S. H. ve Wei, Z. J. (2021). Solvent effect on phenolics and antioxidant activity of Huangshan Gongju (*Dendranthema morifolium* (Ramat) Tzvel. cv. Gongju) extract. *Food and Chemical Toxicology*, 147, 111875. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111875>
- Magalhães, A. S., Silva, B. M., Pereira, J. A., Andrade, P. B., Valentão, P. ve Carvalho, M. (2009). Protective effect of quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit against oxidative hemolysis of human erythrocytes. *Food and Chemical Toxicology*, 47(6), 1372–1377. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.03.017>
- Makwana, S., Choudhary, R., Haddock, J. ve Kohli, P. (2015). In-vitro antibacterial activity of plant based phenolic compounds for food safety and preservation. *LWT-Food Science and Technology*, 62(2), 935–939. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.013>
- Marchiani, R., Bertolino, M., Belviso, S., Giordano, M., Ghirardello, D., Torri, L., Piochi, M. ve Zeppa, G. (2016). Yogurt enrichment with grape pomace: effect of grape cultivar on physicochemical, microbiological and sensory properties. *Journal of Food Quality*, 39(2), 77–89. <https://doi.org/10.1111/jfq.12181>
- Markakiou, S., Gaspar, P., Johansen, E., Zeidan, A. A. ve Neves, A. R. (2020). ScienceDirect Harnessing the metabolic potential of *Streptococcus thermophilus* for new biotechnological applications. *Current Opinion in Biotechnology*, 61, 142–152. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.019>
- Martínez-Ramos, T., Benedito-Fort, J., Watson, N. J., Ruiz-López, I. I., Che-Galicia, G. ve Corona-Jiménez, E. (2020). Effect of solvent composition and its interaction with ultrasonic energy on the ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from Mango peels (*Mangifera indica* L.). *Food and Bioproducts Processing*, 122, 41–54. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.03.011>
- Martins, S., Mussatto, S. I., Martínez-Avila, G., Montañez-Saenz, J., Aguilar, C. N. ve Teixeira, J. A. (2011). Bioactive phenolic compounds: Production and extraction by

- solid-state fermentation. A review. *Biotechnology Advances*, 29(3), 365–373. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.01.008>
- Mentella, M. C., Scaldaferri, F., Gasbarrini, A., Abele, G., Miggiano, D., Cuore, S., Interna, M., Policlinico, F., Gemelli, U. A. ve Cuore, S. (2021). The Role of nutrition in the COVID-19 pandemic. *Nutrients*, 13(4), 1093. <https://doi.org/10.3390/nu13041093>
- Meybodi, N. M., Mortazavian, A. M., Arab, M., & Nematollahi, A. (2020). Probiotic viability in yoghurt: A review of influential factors. *International Dairy Journal*, 109, 104793. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104793>
- Mohebbi, S., Naserkheil, M., Kamalinejad, M. ve Hojjat, S. (2019). Antihyperglycemic activity of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) fruit extract and its fractions in the rat model of diabetes. *International Pharmacy Acta*, 2(1), 2e7-1.
- Mokrani, A. ve Madani, K. (2016). Effect of solvent, time and temperature on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity of peach (*Prunus persica* L.) fruit. *Separation and Purification Technology*, 162, 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.01.043>
- Molae Parvarei, M., Fazeli, M. R., Mortazavian, A. M., Sarem Nezhad, S. ve Mortazavi, S. A. (2021). Comparative effect of probiotic and paraprobiotic addition on rheological and sensory properties of yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 74(1), 95–106. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12727>
- Moro, K. I. B., Bender, A. B. B., da Silva, L. P. ve Penna, N. G. (2021a). Green extraction methods and microencapsulation technologies of phenolic compounds from grape pomace: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 14(8), 1407–1431. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02665-4>
- Moro, K. I. B., Bender, A. B. B., da Silva, L. P. ve Penna, N. G. (2021b). Green extraction methods and microencapsulation technologies of phenolic compounds from grape pomace: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 14(8), 1407–1431. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02665-4>
- Munoz, A. M. (2002). Sensory evaluation in quality control: an overview, new developments and future opportunities. *Food Quality and Preference*, 13(6), 329–339. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00014-9](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00014-9)
- Müller, L., Gnoyke, S., Popken, A. M. ve Böhm, V. (2010). Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations. *LWT - Food Science and Technology*, 43(6), 992–999. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.02.004>
- Mutlu, S. K. (2019). *Akasya gamı ve pektin ilavesinin siyah havuç katkılı probiyotik yoğurtların fonksiyonel ve teknoloji özellikleri etkisinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://acikerisim.uludag.edu.tr/handle/11452/11660>

- Najman, K., Adrian, S., Sadowska, A., Swiader, K., Hallmann, E., Buczak, K., Waszkiewicz-Robak, B. ve Szerk, A. (2023). Changes in physicochemical and bioactive properties of quince. *Molecules*, 28(3066), 1–22. <https://doi.org/10.3390/molecules28073066>
- Najman, K., Adrian, S., Hallmann, E., Sadowska, A., Buczak, K., Waszkiewicz-Robak, B. ve Szerk, A. (2023). Effect of various drying methods on physicochemical and bioactive properties of quince fruit (*Cydonia oblonga* Mill.). *Agriculture*, 13(2), 446.
- Nasiri Semnani, S., Hajizadeh, N. ve Alizadeh, H. (2017). Antibacterial effects of aqueous and organic quince leaf extracts on gram–positive and gram–negative bacteria. *Banats Journal of Biotechnology*, 16, 4738–12. <https://doi.org/10.7904/2068>
- Nguyen, T. L. A. ve Bhattacharya, D. (2022). Antimicrobial activity of quercetin : An approach to its. *Molecules*, 27(2494), 1–13.
- Nipornram, S., Tochampa, W. ve Rattanatraiwong, P. (2018). Optimization of low power ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from mandarin (*Citrus reticulata* Blanco cv. Sainampueng) peel. *Food Chemistry*, 241, 338–345. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.114>
- Noreen, H., Semmar, N., Farman, M. ve Mccullagh, J. S. O. (2017). Measurement of total phenolic content and antioxidant activity of aerial parts of medicinal plant *Coronopus didymus*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10(8), 792–801. <https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2017.07.024>
- Nowicka, P., Wojdyło, A. ve Teleszko, M. (2017). Effect of mixing different kinds of fruit juice with sour cherry puree on nutritional properties. *Journal of Food Science and Technology*, 54(1), 114–129. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2442-2>
- Oliveira, A., Alexandre, E. M. C., Coelho, M., Lopes, C., Almeida, D. P. F. ve Pintado, M. (2015). Incorporation of strawberries preparation in yoghurt: Impact on phytochemicals and milk proteins. *Food Chemistry*, 171, 370–378. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.107>
- Oliveira, A., Coelho, M., Alexandre, E. M. C. ve Pintado, M. (2017). Impact of storage on phytochemicals and milk proteins in peach yoghurt. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(4), 1804–1814. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9562-x>
- Oliveira, A. P., Costa, R. M., Magalhães, A. S., Pereira, J. A., Carvalho, M., Valentão, P., Andrade, P. B. ve Silva, B. M. (2012). Targeted metabolites and biological activities of *Cydonia oblonga* Miller leaves. *Food Research International*, 46(2), 496–504. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.021>
- Oliveira, A. P., Pereira, J. A., Andrade, P. B., Valentão, P., Seabra, R. M. ve Silva, B. M. (2008). Organic acids composition of *Cydonia oblonga* Miller leaf. *Food Chemistry*, 111(2), 393-399.

- Oliveira, A. P., Pereira, J. A., Andrade, P. B., Valentão, P., Seabra, R. M. ve Silva, B. M. (2007). Phenolic profile of *Cydonia oblonga* miller leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19), 7926–7930. <https://doi.org/10.1021/jf0711237>
- Olszowy, M. (2019). What is responsible for antioxidant properties of polyphenolic compounds from plants? *Plant Physiology and Biochemistry*, 144, 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.09.039>
- Ombra, M. N., Fratianni, F., Granese, T., Cardinale, F., Cozzolino, A. ve Nazzaro, F. (2015). *In vitro* antioxidant, antimicrobial and anti-proliferative activities of purple potato extracts (*Solanum tuberosum* cv Vitelotte noire) following simulated gastrointestinal digestion. *Natural Product Research*, 29(11), 1087–1091. <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.981183>
- Oran, D., Unal, S. ve Gunduz, O. (2022). Evaluation of bacterial cellulose / quince seed mucilage composite scaffold for wound dressing. *Emergent Materials*, 5(2), 315–321. <https://doi.org/10.1007/s42247-022-00352-4>
- Oroian, M., Dranca, F. ve Ursachi, F. (2020). Comparative evaluation of maceration , microwave and ultrasonic- assisted extraction of phenolic compounds from propolis. *Journal of Food Science and Technology*, 57(1), 70–78. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04031-x>
- Oulahal, N. ve Degraeve, P. (2022). Phenolic-rich plant extracts with antimicrobial activity: an alternative to food preservatives and biocides?. *Frontiers in Microbiology*, 12, 3906. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.753518>
- Özkan, A., Özüm, K., Senanur, Ö., Sina, D., Bağatırlar, R. ve Kaçar, O. (2021). Development of purple basil (*Ocimum basilicum* L.) sherbet fortified with propolis extract using response surface methodology. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6), 4972–4991. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01064-9>
- Öztürk, H. İ., Aydın, S., Sözeri, D., Demirci, T., Sert, D. ve Akın, N. (2018). Fortification of set-type yoghurts with *Elaeagnus angustifolia* L. flours: Effects on physicochemical, textural, and microstructural characteristics. *LWT-Food Science and Technology*, 90, 620–626. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.012>
- Pacifico, S., Gallicchio, M., Fiorentino, A., Fischer, A., Meyer, U. ve Stintzing, F. C. (2012). Antioxidant properties and cytotoxic effects on human cancer cell lines of aqueous fermented and lipophilic quince (*Cydonia oblonga* Mill.) preparations. *Food and Chemical Toxicology*, 50(11), 4130–4135. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.07.061>
- Perez, J., Arteaga, M., Andrade, R., Durango, A. ve Salcedo, J. (2021). Effect of yam (*Dioscorea* spp.) starch on the physicochemical , rheological , and sensory properties of yogurt. *Heliyon*, 7, e05987. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05987>

- Pigni, N. B., Aranibar, C., Lucini Mas, A., Aguirre, A., Borneo, R., Wunderlin, D. ve Baroni, M. V. (2020). Chemical profile and bioaccessibility of polyphenols from wheat pasta supplemented with partially-deoiled chia flour. *LWT-Food Science and Technology*, 124, 109134. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109134>
- Pires, T. C. S. P., Dias, M. I., Barros, L., Alves, M. J., Oliveira, M. B. P. P., Santos-Buelga, C. ve Ferreira, I. C. F. R. (2018). Antioxidant and antimicrobial properties of dried Portuguese apple variety (*Malus domestica* Borkh. cv Bravo de Esmolfe). *Food Chemistry*, 240, 701–706. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.010>
- Ponder, A. ve Hallmann, E. (2017). Comparative evaluation of the nutritional value and the content of bioactive compounds in the fruit of individual species of chaenomeles and quince. *World Scientific News*, 2(73), 101-108.
- Ramirez-santiago, C., Ramos-solis, L., Lobato-calleros, C., Peña-valdivia, C. ve Vernon-carter, E. J. (2010). Enrichment of stirred yogurt with soluble dietary fiber from *Pachyrhizus erosus* L. Urban : Effect on syneresis , microstructure and rheological properties. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.06.023>
- Rasheed, M., Hussain, I., Rafiq, S., Hayat, I., Qayyum, A., Ishaq, S. ve Awan, M. S. (2018). Chemical composition and antioxidant activity of quince fruit pulp collected from different locations. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 2320–2327. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1514631>
- Rather, J. A., Yousuf, S., Showkat, Q., Mir, S. A., Makroo, H. A., Majid, D., Barba, F. J. ve Dar, B. N. (2023). Nutritional and bioactive composition , nutraceutical potential , food and packaging applications of *Cydonia oblonga* and its byproducts : A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 105000. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.105000>
- Rop, O., Balik, J., Řezníček, V., Jurikova, T., Škardová, P., Salaš, P., Sochor, J., Mlček, J. ve Kramářová, D. (2011). Chemical characteristics of fruits of some selected quince (*Cydonia oblonga* Mill.) cultivars. *Czech Journal of Food Sciences*, 29(1), 65-73.
- Ryan, J., Hutchings, S. C. ve Fang, Z. (2020). Microbial , physico-chemical and sensory characteristics of mango juice-enriched probiotic dairy drinks. *International Journal of Dairy Technology*, 73(1), 182-190. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12630>
- Sánchez-Maldonado, A. F., Schieber, A. ve Ganzle, M. G. (2011). Structure – function relationships of the antibacterial activity of phenolic acids and their metabolism by lactic acid bacteria. *Journal of applied microbiology*, 111(5), 1176-1184. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05141.x>
- Saccaro, D. M., Tamime, A. Y. ve Lu, A. N. A. (2009). The viability of three probiotic organisms grown with yoghurt starter cultures during storage for 21 days at 4 ° C. *International Journal of Dairy Technology*, 62(3), 397-404.



<https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00497.x>

- Sah, B. N. P., Vasiljevic, T., Mckechnie, S. ve Donkor, O. N. (2016). Effect of pineapple waste powder on probiotic growth, antioxidant and antimutagenic activities of yogurt. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 1698–1708. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2100-0>
- Santos, L. G. ve Martins, V. G. (2023). Optimization of the green extraction of polyphenols from the edible flower *Clitoria ternatea* by high-power ultrasound : A comparative study with conventional extraction techniques. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 34, 100458 <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2023.100458>
- Sendra, E., Fayos, P., Lario, Y., Fernandez-Lopez, J., Pe, A., Sayas-Barbera, E. ve Perez-Alvarez, J. A. (2008). Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. *Food Microbiology*, 25, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.09.003>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.055>
- Şengul, M., Erkaya, T., Şengul, M. ve Yıldız, H. (2012). The effect of adding sour cherry pulp into yoghurt on the physicochemical properties, phenolic content and antioxidant activity during storage. *International Journal of Dairy Technology*, 65(3), 429–436. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2012.00838.x>
- Shahidi, F. ve Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of functional foods*, 18, 757-781. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.047>
- Shaida, B., Singh, N. B. ve Singh, K. (2020). *In-vitro* evaluation of anti-inflammatory and anti-microbial properties of ethanolic extract of cydonia oblonga seeds. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 79(1), 49–52.
- Shalabi, O. M. A. K. (2022). Antioxidant antibacterial , and antitumor activities of goat’s stirred yoghurt fortified with carob molasses. *Annals of Agricultural Sciences*, 67(1), 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2022.06.003>
- Sharma, R., Joshi, V. K. ve Rana, J. C. (2011). Nutritional composition and processed products of Quince (*Cydonia oblonga* Mill.). *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 2(3), 354–357.
- Shinomiya, F., Hamauzu, Y. ve Kawahara, T. (2009). Anti-allergic effect of a hot-water extract of quince (*Cydonia oblonga*). *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 73(8), 1773–1778. <https://doi.org/10.1271/bbb.90130>

- Sigui, B., Bamba, B., Shi, J., Tranchant, C. C., Id, C. F. F. ve Lim, L. (2018). Influence of extraction conditions on ultrasound-assisted recovery of bioactive phenolics from blueberry pomace and their antioxidant activity. *Molecules*, 23(7), 1685. <https://doi.org/10.3390/molecules23071685>
- Silva, A., Silva, V., Igrejas, G., Aires, A., Falco, V. ve Valentão, P. (2023). Phenolic compounds classification and their distribution in winemaking by - products. *European Food Research and Technology*, 249(2). <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04163-z>
- Silva, B. M., Andrade, P. B. ve Seabra, R. M. (2001). Determination of selected phenolic compounds in quince jams by solid-phase extraction and HPLC. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 24(18), 2861–2872. <https://doi.org/10.1081/JLC-100106954>
- Silva, Branca M., Andrade, P. B., Valentão, P., Ferreres, F., Seabra, R. M. ve Ferreira, M. A. (2004). Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (pulp, peel, and seed) and jam: Antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15), 4705–4712. <https://doi.org/10.1021/jf040057v>
- Silva, Branca Maria, Andrade, P. B., Ferreres, F., Rosa, S. M., Oliveira, M. B. P. P. ve Ferreira, M. A. (2005). Composition of quince (*Cydonia oblonga* Miller) seeds : phenolics, organic acids and free amino acids composition of quince (*Cydonia oblonga* Miller) seeds : phenolics, organic acids and free amino acids. *Natural Product Research*, 19(3), 275–281. <https://doi.org/10.1080/14786410410001714678>
- Silva, Branca Maria, Andrade, P. B., Gonçalves, A. C., Seabra, R. M., Oliveira, M. B. ve Ferreira, M. A. (2004). Influence of jam processing upon the contents of phenolics , organic acids and free amino acids in quince fruit (*Cydonia oblonga* Miller). 3 *European Food Research and Technology*, 218, 385-389. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0845-6>
- Silva, F. G. ve Oliveira, G. L. (2013). Conhecimento popular e atividade antimicrobiana de *Cydonia oblonga* Miller (Rosaceae). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 15(1), 98–103.
- Singh, B., Pal, J., Kaur, A. ve Singh, N. (2020). Phenolic composition , antioxidant potential and health benefits of citrus peel. *Food Research International*, 132, 109114. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109114>
- Sood, G., Kaushal, R. ve Sharma, M. (2020). Significance of inoculation with *Bacillus subtilis* to alleviate drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Vegetos*, 33(4), 782–792. <https://doi.org/10.1007/s42535-020-00149-y>
- Stojanović, B. T., Mitić, S. S., Stojanović, G. S., Mitić, M. N., Kostić, D. A., Paunović, D., Arsić, B. B. ve Pavlović, A. N. (2017). Phenolic profiles and metal ions analyses of pulp and peel of fruits and seeds of quince (*Cydonia oblonga* Mill.). *Food Chemistry*, 232, 466–475. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.041>

- Strugała, P., Mikołajczyk, S. C., Wyspiańska, D., Łętowska, A. S. ve Piórecki, N. (2018). Interactions of bioactive quince (*Cydonia oblonga* mill.) extract with biomolecules and janina gabrielska. *Records of Natural Products*, 12(1), 40–52.
- Sun-Waterhouse, D., Zhou, J. ve Wadhwa, S. S. (2012). Effects of adding apple polyphenols before and after fermentation on the properties of drinking yoghurt. *Food and Bioprocess Technology*, 5(7), 2674–2686. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0563-1>
- Sut, S., Acqua, D., Poloniato, G. ve Malagoli, M. (2018). Preliminary evaluation of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) fruit as extraction source of antioxidant phytoconstituents for nutraceutical and functional food applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(3), 1046-1054. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9271>
- Szychowski, P. J., Munera-Picazo, S., Szumny, A., Carbonell-Barrachina, Á. A. ve Hernández, F. (2014). Quality parameters, bio-compounds, antioxidant activity and sensory attributes of Spanish quinces (*Cydonia oblonga* Miller). *Scientia Horticulturae*, 165, 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.11.028>
- Tabasco, R., García-cayuela, T., Peláez, C. ve Requena, T. (2009). *Lactobacillus acidophilus* La-5 increases lactacin B production when it senses live target bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 132(2–3), 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.04.004>
- Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. (2021). *Tarım Ürünleri Piyasası, Avyva, Ocak*, 2.
- Tamri, P., Hemmati, A. ve Ghafourian, M. (2014). Wound healing properties of quince seed mucilage: In vivo evaluation in rabbit full-thickness wound model. *International Journal of Surgery*, 12(8), 843–847. <https://doi.org/10.1016/j.ijisu.2014.06.016>
- Teleszko, M. ve Wojdyło, A. (2015). Comparison of phenolic compounds and antioxidant potential between selected edible fruits and their leaves. *Journal of Functional Foods*, 14, 736–746. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.02.041>
- Tiwari, S., Kavitate, D., Devi, P. B. ve Halady Shetty, P. (2021). Bacterial exopolysaccharides for improvement of technological, functional and rheological properties of yoghurt. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183, 1585–1595. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.05.140>
- Toktaş, B. (2018). *Effect of fermentation on phenolic content, anthocyanin stability, antioxidant capacity and in vitro bioaccessibility during shalgam (şalgam) beverage production* (Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Tomasi, I. T., Santos, S. C. R., Boaventura, R. A. R. ve Botelho, C. M. S. (2023). Optimization of microwave-assisted extraction of phenolic compounds from

- chestnut processing waste using response surface methodology. *Journal of Cleaner Production*, 395, 136452. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136452>
- Topolska, K., Florkiewicz, A., & Filipiak-Florkiewicz, A. (2021). Functional food—Consumer motivations and expectations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5327.
- Trigueros, L., Pérez-Alvarez, J. A., Viuda-Martos, M. ve Sendra, E. (2011). Production of low-fat yogurt with quince (*Cydonia oblonga* Mill.) scalding water. *LWT-Food Science and Technology*, 44(6), 1388–1395. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.01.012>
- Ürkek, B., Şengül, M., Aktaş, H. ve Gürbüz, Z. (2019). Effects on some physicochemical , rheological and microbiological characteristics of yoghurt enriched with quince powder. In *3rd International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences (ICAFOP), (16-18 April 2019, Trabzon)* (Vol. 992, p. 998).
- Vela, A. J., Villanueva, M., Ozturk, O. K., Hamaker, B. ve Ronda, F. (2023). Modification of the microstructure of tef [*Eragrostis tef* ( Zucc .) Trotter] flour ultrasonicated at different temperatures . Impact on its techno-functional and rheological properties. *Current Research in Food Science*, 6, 100456. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100456>
- Vermerris, W. ve Nicholson, R. (2006). Phenolic compound biochemistry. In *Phenolic Compound Biochemistry*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5164-7>
- Vital Pelaes, A. C., Goto, P. A., Hanai, L. N., Gomes-da-Costa, S. M., De Abreu Filho, B. A., Nakamura, C. V. ve Matumoto-Pintro, P. T. (2015). Microbiological , functional and rheological properties of low fat yogurt supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 1028–1035. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.003>
- Wang, C., Wang, M., Wang, H., Sun, X., Guo, M. ve Hou, J. (2019). Effects of polymerized whey protein on survivability of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 during freeze-drying. *Food Science and Nutrition*, 7(8), 2708–2715. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1130>
- Wang, X., Kristo, E. ve LaPointe, G. (2020). Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. *Food Hydrocolloids*, 100, 105453. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105453>
- Wojdyło, A., Teleszko, M. ve Oszmiański, J. (2014a). Antioxidant property and storage stability of quince juice phenolic compounds. *Food Chemistry*, 152, 261–270. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.124>
- Wojdyło, A., Teleszko, M. ve Oszmiański, J. (2014b). Physicochemical characterisation of quince fruits for industrial use: yield, turbidity, viscosity and colour properties of juices. *International Journal of Food Science ve Technology*, 49(8), 1818-1824.

- Xiao, J., Ā, F. M., Ā, F. Y., Zhao, Y. ve Zhang, C. (2011). Interaction of dietary polyphenols with bovine milk proteins : Molecular structure – affinity relationship and influencing bioactivity aspects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 55(11), 1637-1645. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201100280>
- Yang, J., Huang, Y., Xu, H., Gu, D., Xu, F., Tang, J., Fang, C. ve Yang, Y. (2020). Optimization of fungi co-fermentation for improving anthraquinone contents and antioxidant activity using artificial neural networks. *Food Chemistry*, 313(January). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126138>
- Yeh, C. T. ve Yen, G. C. (2006). Induction of hepatic antioxidant enzymes by phenolic acids in rats is accompanied by increased levels of multidrug resistance-associated protein 3 mRNA expression. *Journal of Nutrition*, 136(1), 11–15. <https://doi.org/10.1093/jn/136.1.11>
- Yen, C. H., Chiu, H. F., Wu, C. H., Lu, Y. Y., Han, Y. C., Shen, Y. C. venkatakrisnan, K. ve Wang, C. K. (2017). Beneficial efficacy of various propolis extracts and their digestive products by in vitro simulated gastrointestinal digestion. *LWT- Food Science and Technology*, 84, 281–289. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.074>
- Yıkımış, S., Aksu, H., Çöl, B. G. ve Alpaslan, M. (2019). Thermosonication processing of quince (*Cydonia Oblonga*) juice: Effects on total phenolics, ascorbic acid, antioxidant capacity, color and sensory properties. *Ciência e Agrotecnologia*, 43. <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943019919>
- Yıldız, E. ve Özcan, T. (2019). Functional and textural properties of vegetable - fibre enriched yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 72(2), 199-207.199–207. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12566>
- Youssef, A. M. M., El-Swaify, Z. A. S., Maaty, D. A. M. ve Youssef, M. M. (2021). Phytochemistry and antiviral properties of two lotus species growing in Egypt. *Vitae*, 28 (3), 1–12. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v28n3a348069>
- Yue, Y., Wang, S., Lv, X., Wang, C., Xu, B., Ping, L., Guo, J., Li, X., Evivie, S. E., Liu, F., Li, B. ve Huo, G. (2022). Analysis of the complete genome sequence of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* with post-acidification capacity and its influence on yogurt in storage. *Journal of Dairy Science*, 105(2), 1058-1071. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20999>
- Zamuz, S., Munekata, P. E. S., Dzuvor, C. K. O., Zhang, W., Sant, A. S. ve Lorenzo, M. (2021). The role of phenolic compounds against *Listeria monocytogenes* in food . A review. *Trends in Food Science ve Technology*, 110, 385–392. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.068>
- Zapata, P. J., Martínez-esplá, A., Gironés-vilaplana, A., Santos-lax, D., Noguera-artiaga, L. ve Carbonell-barrachina, Á. A. (2019). LWT - Food Science and Technology Phenolic, volatile , and sensory profiles of beer enriched by macerating quince fruits. *LWT - Food Science and Technology*, 103, 139–146.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.002>

Zhang, Y., Cai, P. ve Cheng, G. (2022). A brief review of phenolic compounds identified from plants : their extraction , analysis , and biological activity. *Natural Product Communications*, 17(1), 1934578X211069721. <https://doi.org/10.1177/1934578X211069721>

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Seda ALTUNTAŞ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Osmangazi – 05.07.1990  
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu  
Lise : Bursa Gazi Anadolu Lisesi  
Lisans : Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği  
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Gıda Mühendisliği

Çalıştığı Kurum : Bursa Teknik Üniversitesi

İletişim (e-posta) : [seda.altuntas@btu.edu.tr](mailto:seda.altuntas@btu.edu.tr)

Yayımları :

Cinar, A., Altuntas, S., Demircan, H., Dundar, A. N., Taner, G. ve Oral, R. A. (2022). Encapsulated black garlic: Comparison with black garlic extract in terms of physicochemical properties, biological activities, production efficiency and storage stability. *Food Bioscience*, 50, 101979. [Doi: 10.1016/j.fbio.2022.101979](https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101979)

Dundar, A. N., Cinar, A., Altuntas, S., Ulubayram, N., Taner, G., Dagdelen, A. F., Demircan, H. ve Oral, R. A. (2022). The role of microencapsulation in maintaining biological activity of royal jelly: comparison with biological activity and bioaccessibility of microencapsulated, fresh and lyophilized forms during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(12), 5502-5511. [Doi: 10.1002/jsfa.1190](https://doi.org/10.1002/jsfa.1190)

Cinar,A., Altuntas, S. ve Altuntas, V. 2021. The addition of royal jelly to dairy probiotic dessert produced with predictive microbiology: Influence on physicochemical, rheological, microbial and sensorial properties. *LWT-Food Science and Technology*, 146, 111444. [Doi: 10.1016/j.lwt.2021.111444](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111444)

Eren-Vapur, U., Cinar, A., ve Altuntas, S. (2022). Protective culture: Is it a solution to improve the quality of culture-free white cheese?. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(4), e16432. [Doi: 10.1111/jfpp.16432](https://doi.org/10.1111/jfpp.16432)

- Altuntaş, S. 2021. Yoğurtta zenginleştirme olanaklarının teknolojik yönü ve güncel gelişmeler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 230-238.
- Altuntas, S., Cinar, A. ve Altuntas, V. (2020). Modelling of *Listeria monocytogenes* growth and survival in presence of royal jelly, a promising anti-biofilm agent. *Journal of Food ve Nutrition Research*, 59(1).
- Altuntaş, S. ve Korukluoglu, M. (2019). The impact of different commercial probiotic cultures with starters on technological, physicochemical and sensorial properties of a traditional yogurt-based appetizer" Cacik". *Mljekarstvo*, 69(3), 193-205. Doi: 10.15567/mljeKARstvo.2019.0305
- Altuntas, S. ve Korukluoglu, M. (2019). Growth and effect of garlic (*Allium sativum*) on selected beneficial bacteria. *Food Science and Technology*, 39, 897-904.
- Altuntaş, S. ve Korukluoğlu, M. (2018). Gıda işleme tesislerinde *Listeria monocytogenes* ve mücadelede yeni yaklaşımlar. *Gıda*, 43(1), 101-113. Doi: 10.15237/gida.GD17090.
- Altuntas, V., Altuntas, S. ve Gok, M. (2018). Automatic colony segmentation on agar surface by image processing. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 77, 451-456.
- Altuntaş, V., Altuntaş, S. ve Gök, M. (2018). Pattern recognition techniques on agar surface colony morphology classification. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(2), 260-265.
- Altuntaş, S., Korukluoğlu, M. ve Altuntaş, V. (2017). Probiyotik *Escherichia coli* Suşu Nissle 1917. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(7), 933-940.
- Altuntas, S. ve Korukluoglu, M. (2021). Effect of solvent, concentration and extraction method on total phenolic content of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) parts. 4th Agriculture, Environment and Health Congress, 20-22 May 2021.
- Altuntas, S. ve Korukluoğlu, M. (2021). Antifungal activity of the sage essential oil (*Salvia officinalis* L.) and thujone. 4th Agriculture, Environment and Health Congress, 20-22 May 2021, (Online).
- Altuntas, V. ve Altuntas, S., (2021). New approaches to colony type classification. International Congress on Biological and Health Sciences, 26-28 Şubat 2021, (Online).
- Altuntas, S., Kaya, B. ve Cinar, A. (2021). Determination of foodborne pathogens and some hospital isolates biofilm formation ability. International Congress on Biological and Health Sciences, 26-28 Şubat 2021, (Online).
- Altuntas, V. ve Altuntas, S. (2021). Süt endüstrisinde yenilikçi otomasyon uygulamaları. 11. Gıda Mühendisliği Öğrenci Kongresi, 11-12 Mart 2021, (Online).

- Altuntas, V. ve Altuntas, S. (2021). Atık su mikroskopik görüntü analizi ile bakteri tanımlama.11. Gıda Mühendisliği Öğrenci Kongresi,11-12 Mart 2021, (Online).
- Cinar,A. ve Altuntas, S. (2018). Effect of organic honey, apple and grape vinegar on biofilm forming bacteria. 2nd International Conference on Clinical and Medical Microbiology.
- Altuntas, S., Cinar, A. ve Kacar, O. (2018). Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilen esansiyel yağların gıda kaynaklı patojenler üzerine antibakteriyel etkisi.International Agriculture, Environment and Health Congress, 26-28 Ekim 2018, Aydın, Türkiye
- Cinar,A. ve Altuntas, S. (2018). The unique beehive products and interaction with probiotics. AGROSYM, 4-7 Ekim 2018, Jahorina, Bosna-Hersek
- Altuntas, S., Ozoglu, O. ve Korukluoglu, M. (2018). Foodborne infection pathogens in food of animal origin: mechanisms of pathogenesis and control. Food Animal Congress
- Altuntas, S. ve Altuntas, V. (2018). Next generation sequencing (ngs) in food microbiology. International Agriculture, Environment and Health Congress
- Altuntas, S. ve Korukluoglu, M. (2017). Natural food colorants and health promoting effects. International Agriculture Congress
- Altuntas, S. ve Korukluoglu, M. (2017). Control strategies of *Listeria monocytogenes* in the food processing. International Agriculture Congress
- Altuntas, S. (2017). Applications against mold growth in yoghurt production. International Conference on Research in Education and Science (ICRES)
- Altuntas, V. ve Altuntas, S. (2017). *Lactobacillus bulgaricus* büyüme evresinin tanımlanması ve sınıflandırılması. International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC)
- Altuntas, S. (2017). Microbiological evaluation of raw milk in marmara and ege region. International Conference on Research in Education and Science (ICRES)
- Cinar, A. ve Altuntas, S. (2017). Bioactive compounds of kefir: antitumor effect. TheInternational Nutrition and Diagnostics Conference
- Korukluoglu, M. ve Altuntas, S. (2017). *Helicobacter pylori* inhibition by natural antimicrobial compounds. 4th North and East European Congress on Food (NEEFood)
- Altuntas, V., Altuntas, S. ve Gok, M. (2016). Machine learning techniques for colony classification.Yayın Yeri:International Conference on Research in Education and Science (ICRES)