



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GIDA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİYLE KURUTULAN ARONYA
(*ARONIA MELANOCARPA*) POSASININ KALİTE ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ VE MANDA YOĞURDUNDA KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sevil ALBAYRAK

Birinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Melike DEMİRKOL

İkinci Danışman: Dr. Gamze Uysal SEÇKİN

TOKAT- 2025

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Melike DEMİRKOL ve Dr. Gamze UYSAL SEÇKİN danışmanlığında hazırlamış olduğum “Farklı Kurutma Yöntemleriyle Kurutulan Aronya (*Aronia Melanocarpa*) Posasının Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Manda Yoğurdunda Kullanımı” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

15/08/2025

Sevil ALBAYRAK



JÜRİ KABUL VE ONAY

Sevil ALBAYRAK tarafından hazırlanan “Farklı Kurutma Yöntemleriyle Kurutulan Aronya (*Aronia Melanocarpa*) Posasının Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi ve Manda Yoğurdunda Kullanımı” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 28.08.2025 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)	İmzası
Üye (Başkan) : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet TOKATLI	
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Melike DEMİRKOL	
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk ÇELİK	

ONAY

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

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖZET

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİYLE KURUTULAN ARONYA (ARONIA MELANOCARPA) POSASININ KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE MANDA YOĞURDUNDA KULLANIMI

Albayrak, Sevil

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Melike Demirkol

İkinci Danışman: Dr. Gamze Uysal Seçkin

Ağustos 2025 xiv + 82 sayfa

Bu araştırmada, aronya meyvesi posasının farklı kurutma yöntemleriyle elde edilen tozlarının manda yoğurduna ilavesiyle, biyoaktif bileşiklerce zengin ve sağlıklı destekleyici fonksiyonel bir süt ürünü geliştirilmesi amaçlanmıştır. Aronya posası, güneş kolektörlü (GK) kurutucu, döner tepsili kurutucu (DT) ve etüv (ETV) ile farklı sıcaklık ve sürelerde kurutulmuş ve bu örneklerde toplam fenolik madde, fenolik içerik, toplam antosiyanin miktarı ve antioksidan aktivite analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler doğrultusunda, antosiyanin miktarı (8.40 ± 0.37 mg CGE/g), toplam fenolik madde (TFM) içeriği (40.54 ± 2.25 mg GAE/g) ve antioksidan aktivite (DPPH) (73.05 ± 0.50 mM troloks/g) bakımından en yüksek değerlere sahip olan GK ile kurutulmuş aronya posası tozu, %1 (A örneği), %2 (B örneği), %3 (C örneği) oranlarda manda sütüne ilave edilmiştir. Probiyotik kültür de ilave edilen fonksiyonel yoğurt örneklerinin, depolama süresi boyunca biyoaktif bileşen içeriklerinin yanı sıra pH, titrasyon asitliği (TA), laktik asit bakteri gelişimi, L, a, b, chroma (c) ve hue (h) renk değerleri, reolojik (su tutma kapasitesi, serum ayrılması) ve duyuşsal özellikleri izlenerek ürün kalitesi bütüncül olarak değerlendirilmiştir.

Depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte tüm örneklerde pH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.05$) bir düşüş gözlenmiştir. Titrasyon asitliği değerlerinde farklı örneklerde dalgalanma olmakla birlikte genel olarak stabil bir seyir izlenmiştir. Aronya posası tozu miktarının artmasıyla birlikte yoğurt örneklerinde serum ayrılmasının arttığı, su tutma kapasitesinin azaldığı gözlenmiştir. Renk analizlerinde tüm depolama günlerinde en yüksek L değerleri K örneğinde elde edilmiş olup, aronya posası tozu miktarındaki artışa paralel olarak L değerleri azalmıştır ($K > A > B > C$). Aronya posası ilavesiyle a değerinde artış, b değerinde azalma gözlenmiştir. Antosiyanin miktarı, TFM ve antioksidan kapasite (DPPH) posanın artan oranıyla artış göstermiştir. C örneğinde en

yüksek antosiyanin (136.35 ± 1.09 mg/kg), TFM (454.1 ± 59 mg GAE/kg) ve DPPH (1.22 ± 0.14 mMol troloks/g) değerleri gözlenmiştir. Yoğurt örneklerinde gallik asit, 3,4-dihidroksi benzoik asit, kateşin, vanillik asit, epikateşin, ferulik asit, t-resveratrol, rutin tri-hidrat ve kuersetin gibi fenolik bileşiklerin miktarları analiz edilmiştir. Duyusal değerlendirmede, kontrol örneği (K) 1. günde tüm duyusal değerlendirmelerde en yüksek puanı almıştır. %3 posa katkılı C örneği, 1. günde kontrol grubuna oldukça yakın bir görünüm puanı almıştır (8.00 ± 0.27). Posa katkısı yoğurdun kıvamını büyük ölçüde etkilememiştir. Posa katkılı örneklerde ise başlangıç tat puanları genel olarak kontrol grubunun altında kalmıştır. Posa oranının artmasıyla ağız hissinde azalma olduğu gözlenmiştir. Genel beğeni, puanında A ve B örnekleri 10.günde 7.13 ± 0.30 puan ile kontrol örneğine (7.63 ± 0.46) yaklaşmıştır. Sonuç olarak bu çalışma, aronya posasının fonksiyonel gıda bileşeni olarak manda yoğurdunda değerlendirilebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Aronya Posası, Manda Yoğurdu, Atık Değerlendirme, Fenolik, HPLC

ABSTRACT

DETERMINATION OF QUALITY CHARACTERISTICS OF ARONIA (ARONIA MELANOCARPA) PULSE DRIED WITH DIFFERENT DRYING METHODS AND ITS USE IN BUFFALO YOGURT

Albayrak, Sevil

Master's Thesis, Food Engineering Department

Advisor: Assit..Dr. Melike Demirkol

Second Advisor: Dr. Gamze Uysal Seçkin

Agust, 2025 xiv + 82 pages

In this study, the aim was to develop a functional dairy product rich in bioactive compounds and beneficial to health by adding aronia fruit pulp powder obtained using different drying methods to buffalo yoghurt. Aronia pulp was dried using a solar collector (GK) dryer, a rotary tray dryer (DT), and an oven (ETV) at different temperatures and durations, and analyses of total phenolic content, phenolic content, total anthocyanin content, and antioxidant activity were conducted on these samples. Based on the analyses, the aronia pulp powder dried using the GK had the highest anthocyanin content (8.40 ± 0.37 mg CGE/g), total phenolic content (TFM) (40.54 ± 2.25 mg GAE/g), and antioxidant activity (DPPH) (73.05 ± 0.50 mM trolox/g) were added to buffalo milk at ratios of 1% (Sample A), 2% (Sample B), and 3% (Sample C). The pH, titration acidity (TA), lactic acid bacteria growth, L, a, b, chroma (c), and hue (h) of the functional yoghurt samples, were evaluated for product quality by monitoring bioactive component content, pH, titration acidity (TA), lactic acid bacteria growth, L, a, b, chroma (c) and hue (h) colour values, rheological properties (water-holding capacity, serum separation) and sensory characteristics throughout the storage period.

With the progression of storage time, a statistically significant ($p < 0.05$) decrease in pH values was observed in all samples. Although there were fluctuations in titratable acidity values in different samples, a generally stable trend was observed. With an increase in the amount of aronia pulp powder, an increase in syneresis and a decrease in water retention capacity were observed in yoghurt samples. In colour analyses, the highest L values were obtained in the K sample on all storage days, and L values decreased in parallel with the increase in aronia pomace powder content ($K > A > B > C$). An increase in a value and a decrease in b value were observed with the addition of aronia pomace.

Anthocyanin content, TFM, and antioxidant capacity (DPPH) increased with the increasing ratio of pulp. The highest anthocyanin (136.35 ± 1.09 mg/kg), TFM (454.1 ± 59 mg GAE/kg), and DPPH (1.22 ± 0.14 mMol troloks/g) values were observed in the C sample. The amounts of phenolic compounds such as gallic acid, 3,4-dihydroxybenzoic acid, catechin, vanillic acid, epicatechin, ferulic acid, t-resveratrol, rutin trihydrate, and quercetin were analysed in the yoghurt samples. In the sensory evaluation, the control sample (K) received the highest score in all sensory evaluations on day 1. The sample with 3% aronia pomace powder added (C) received a visual score very close to that of the control group on day 1 (8.00 ± 0.27). The aronia pomace powder addition did not significantly affect the consistency of the yoghurt. In the aronia pomace powder added samples, the initial taste scores were generally lower than those of the control group. A decrease in mouthfeel was observed with increasing aronia pomace powder content. In terms of overall acceptability, samples A and B approached the control sample (7.63 ± 0.46) with a score of 7.13 ± 0.30 on day 10. In conclusion, this study demonstrated that aronia pomace powder can be evaluated as a functional food ingredient in buffalo yogurt.

Keywords: Aronia Pulp, Buffalo Yogurt, Waste Utilization, Phenolic, HPLC

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ETİK SÖZLEŞME.....	ii
JÜRİ KABUL VE ONAY	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Aronya (<i>aronia melanocarpa</i>).....	5
2.2. Aronyanın fenolik içeriği.....	7
2.3. Aronya'nın sağlık üzerine etkileri	7
2.4. Aronya posası ve yapılan çalışmalar	8
2.5. Yoğurt ve yapılan çalışmalar	11
2.6. Manda yoğurdu ve yapılan çalışmalar	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1. Aronya posasının temini, kurutulması ve toz forma dönüştürülmesi	20
3.2. Yaş aronya posasında yapılan analizler	20
3.2.1. pH ve toplam asitlik tayini	20
3.2.2. Kuru madde tayini.....	21
3.2.3. Kül miktarı	21
3.2.4. Su aktivitesi tayini.....	21
3.3. Aronya posası tozunda yapılan analizler	21
3.3.1. pH ve toplam asitlik tayini	21
3.3.2. Kuru madde tayini.....	22
3.3.3. Kül miktarı	22
3.3.4. Su aktivitesi tayini.....	22
3.3.5. Aronya posası tozunda ekstraksiyon.....	22
3.3.6. Toplam fenolik madde miktarı	22

3.3.7. Fenolik madde içerik tayini	23
3.3.8. Toplam antosiyanin miktarı	24
3.3.9. Antioksidan aktivite tayini	24
3.3.10. Renk analizi	25
3.4. Aronya tozu katkılı manda yoğurdu retimi.....	25
3.5. Manda sütünde yapılan analizler	26
3.5.1. pH tayini ve toplam asitlik analizi	26
3.5.2. Kuru madde tayini.....	26
3.5.3. Suda znr kuru madde tayini.....	27
3.6. Aronya katkılı yoğurtta yapılan analizler	27
3.6.1. pH tayini ve toplam asitlik analizi	27
3.6.2. Kuru madde tayini.....	27
3.6.3. Serum ayrılması analizi.....	27
3.6.4. Su tutma kapasitesi tayini	28
3.6.5. Yoğurt örneklerinde ekstraksiyon.....	28
3.6.6. Toplam fenolik madde miktarı, fenolik madde içerik tayini, toplam antosiyenin miktarı ve antioksidan aktivite tayini	28
3.6.7. Laktik asit bakteri sayımı	28
3.6.8. Renk analizi.....	28
3.6.9. Duyusal analiz.....	29
3.6.10. İstatistiksel analiz.....	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	30
4.1. Yaş posaya ait bulgular.....	30
4.2. Farklı yöntemlerle kurutulan aronya posasına ait bulgular	31
4.2.1 Aronya posası tozunun fizikokimyasal zellikleri.....	31
4.2.2. Aronya posası tozunun renk değerleri.....	33
4.2.3. Aronya posası tozunun biyoaktif bileşimi.....	35
4.2.4. Aronya posası tozunun fenolik bileşen profili	37
4.3. Aronya posası tozu katkılı yoğurtlara ait bulgular.....	40
4.3.1. Kuru madde miktarı	40
4.3.2. pH değeri.....	41
4.3.3. Titrasyon asitliği.....	42

4.3.4. Serum ayrılması	45
4.3.5. Su tutma kapasitesi	46
4.3.6. Laktik asit bakteri sayısı	47
4.3.7 L değeri	48
4.3.8. a değeri	49
4.3.9. b değeri.....	50
4.3.10. Chroma değeri.....	51
4.3.11. Hue değeri	52
4.3.12. Toplam fenolik madde, antioksidan kapasite ve antosiyanin miktarı.....	53
4.3.13. Fenolik bileşen içeriği.....	55
4.3.14. Duyusal değerlendirme	57
4.3.14.1. Görünüm	57
4.3.14.2. Kıvam.....	58
4.3.14.3. Koku.....	59
4.3.14.4. Tat	60
4.3.14.5. Ağız hissi	61
4.3.14.6. Genel beğeni	62
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
6. KAYNAKLAR	67
7. EKLER	75
EK 1 1. Gün fenolik madde HPLC kromatogramları.....	75
EK 2 Fenolik madde standartlarının kalibrasyon grafikleri.....	78
ÖZGEÇMİŞ	82

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Manda ve inek sütünün ortalama bileşimi (Haktan, 2022).....	2
Çizelge 2.1: Türkiye’de çiğ süt üretimi (2023 ve 2024 yılı)	15
Çizelge 3.1: HPLC sisteminde kullanılan gradient elüsyon profili	23
Çizelge 4.1: Yaş aronya posasının fizikokimyasal özellikleri (Ortalama $\pm$ SD).....	30
Çizelge 4.2: Kurutma yöntemlerinin aronya posası tozunun fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi.....	31
Çizelge 4.3: Kurutma yöntemlerinin aronya posası tozunun renk değerleri üzerine etkisi	33
Çizelge 4.4: Kurutma yöntemlerinin aronya posası tozunun biyoaktif bileşimi üzerine etkisi	35
Çizelge 4.5: Kurutma yöntemlerinin aronya posası tozunun fenolik bileşen profili üzerindeki etkisi.....	38
Çizelge 4.6: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin kuru madde miktarları	41
Çizelge 4.7: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin pH değerleri	41
Çizelge 4.8a: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği (%) (1.yöntem).....	42
Çizelge 4.8b: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği (%) (2.yöntem).....	43
Çizelge 4.9: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin serum ayrılması (%)	45
Çizelge 4.10: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin su tutma kapasitesi (%)..	46
Çizelge 4.11: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin laktik asit bakteri sayıları (log kob/g)	47
Çizelge 4.12: Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda L değeri	49
Çizelge 4.13: Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda a değeri.....	49
Çizelge 4.14: Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda b değeri.....	50
Çizelge 4.15: Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda Chroma değeri.....	51
Çizelge 4.16: Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda Hue değeri.....	52

Çizelge 4.17: Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda toplam fenolik madde, antosiyanin miktarı ve antioksidan kapasite değerlerinin depolama süresince değişimi.....	54
Çizelge 4.18: Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda fenolik bileşen içeriği.....	56
Çizelge 4.19: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin görünüm puanları (1-9 skalası)	58
Çizelge 4.20: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin kıvam puanları (1-9 skalası)	59
Çizelge 4.21: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin koku puanları (1-9 skalası)	60
Çizelge 4.22: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin tat puanları (1-9 skalası)	61
Çizelge 4.23.: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin ağız hissi puanları (1-9 skalası)	61
Çizelge 4.24: Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin genel beğeni puanları (1-9 skalası)	62

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Aronya meyvesi (<i>aronia melanocarpa</i>) (black chokeberry)	5
Şekil 2.2: <i>Aronia melanocarpa</i> 'nın yıllık yayın hacmi (Xu ve ark., 2024)	6
Şekil 3.1: Yaş aronya posası	20
Şekil 3.2: Toplam fenolik madde standart eğrisi	23
Şekil 3.3: DPPH analizi standart eğrisi	24
Şekil 3.4: Güneş kolektörlü kurutucuda kurutulan aronya posası tozu	25
Şekil 3.5: Aronya posası katkılı manda yoğurtları	26
Şekil 3.6: Duyusal analiz formu	29
Şekil 4.1: Lab renk skalası	33
Şekil 4.2: Farklı yöntemlerle kurutulan aronya posası tozları	33
Şekil 4.3: Yoğurt örneklerinin 1.gün duyusal değerlendirme puanları	63
Şekil 4.4: Yoğurt örneklerinin 10.gün duyusal değerlendirme puanları	64

SİMGE VE KISALTMALAR

Kısaltmalar	Açıklamalar
ACE	Anjiyotensin Dönüştürücü Enzim
aw	Su Aktivitesi
CGE	Siyanidin-3-Glukozid Eşdeğeri
Cye	Siyanidin Eşdeğeri
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
DT	Döner Tepsili Kurutucu
ETV	Etüv
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
GC-MS	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometrisi
GK	Güneş Kolektörlü Kurutucu
HMF	Hidroksimetilfurfural
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
KM	Kuru Madde Oranı
LC-MS	Sıvı Kromatografi-Kütle Spektrometrisi
LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
SÇKM	Suda Çözünür Kuru Madde
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TA	Titrasyon Asitliği
TEAC	Trolox Eşdeğer Antioksidan Kapasitesi
TFM	Toplam Fenolik Madde İçeriği
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

Üzümsü meyve grubuna dahil olan aronya (*Aronia melanocarpa*), ülkemizde son yıllarda üretimi teşvik edilen ve yaygınlaşan, çalı formunda bir orman meyvesidir (Çatalkaya, 2022). Aronya meyveleri; %15.6-28.8 kuru madde, 4.4-5.8 g/kg kül, %6.2-10.8 şeker, %5.62 lif, %0.7-6.0 protein ve %0.14 yağ içeriğiyle dikkat çekmektedir (Uzunsoy, 2022). Aynı zamanda vitaminler, β -karoten, diyet lifi, mineraller, şekerler ve organik asitler bakımından da zengin bir içeriğe sahiptir (Oszmiański ve Lachowicz, 2016). Fenolik asitler, flavonoller, flavanonlar, proantosiyeninler, antosiyaninler ve prosiyanidinler açısından oldukça zengin olan aronya, antioksidan aktivitesi en yüksek meyve olarak bilinmekte ve bu özelliği nedeniyle ön plana çıkmaktadır (Çatalkaya, 2022). Antosiyaninler başta olmak üzere fenolik bileşiklerin zenginliği, aronya meyvesinin süper gıda olarak sınıflandırılmasına neden olmuştur. Aronya meyvesi ve türevleri, serbest radikal oluşumunu azaltma potansiyeli nedeniyle güçlü antioksidan özellik göstermekte ve bu sayede antidiyabetik, antiinflamatuvar, antiviral, antibakteriyel, hipotansif, kardiyoprotektif, hepatoprotektif ve antikarsinogenik etkiler sergilemektedir (Uzunsoy, 2022; Lei ve ark., 2023).

Aronya meyvesi besleyici değerlerine rağmen yüksek asitlik ve tanen içeriği nedeniyle buruk ve mayhoş tada sahiptir, bu da taze meyve olarak tüketimini sınırlandırmaktadır. Ancak bu özellikleri, aronya meyvesinin gıda endüstrisinin birçok alanında değerli bir hammadde olarak değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. İçeceklerden süt ürünlerine, et ürünlerinden unlu mamullere kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle yüksek meyve suyu verimi sayesinde tek başına veya diğer meyvelerle karıştırılarak meyve suyu üretiminde yaygın şekilde kullanılmaktadır (Lei ve ark., 2023). Son yıllarda yapılan araştırmalar, aronyanın meyve suyuna işlenmesi sonucu oluşan posasının da yüksek düzeyde fenolik bileşik, özellikle antosiyanin içerdiğini ortaya koymuştur (Vagiri ve Jensen, 2017). Yüksek polifenol içeriği sayesinde aronya posası potansiyel bir doğal renklendirici olarak değerlendirilmektedir. Ancak Avrupa'da meyve suyu üretiminden kaynaklanan toplam gıda atıklarının yaklaşık %3'ünü oluşturan bu tür yan ürünler üzerine yapılan çalışmalar; genellikle üzüm, nar, ahududu, turunçgil ve elma gibi meyvelere odaklanmış olup aronya posasıyla ilgili araştırmalar sınırlı kalmıştır (Kaloudi ve ark., 2022).

Aronya posasının taşıdığı yüksek biyoaktif bileşik potansiyeli, bu yan ürünün fonksiyonel gıdalarda değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda yoğurt, probiyotik bakterilerin taşınması için uygun bir taşıyıcı matriks olması sayesinde öne çıkan fonksiyonel bir gıdadır. Yapılan çalışmalarda, aronyanın laktik asit fermentasyonu sırasında çeşitli değerli fonksiyonel bileşenlerin oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir. Son yıllarda bu özelliği sayesinde aronya, yoğurt ve kefir gibi fermente süt ürünlerine ilave edilerek fonksiyonel süt ürünleri üretiminde değerlendirilmiştir (Uzunsoy, 2022). Fermente süt ürünlerinin fenolik açıdan zengin bileşenlerle desteklenmesi, probiyotik ürünlerin fonksiyonel faydalarını artırmak için ideal bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Dimitrellou ve ark., 2020).

Çizelge 1.1. Manda ve inek sütünün ortalama bileşimi (Haktan, 2022)

Çeşitler	Kuru Madde	Kül	Yağ	Protein % en az	%Laktik Asit	pH
İnek Sütü	12.60	0.82	3.40	2.9	0.135-0.200	6.43
Manda Sütü	19.07	0.9	7.10	5.5	0.140-0.220	6.68

Süt kaynaklı fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesinde kullanılabilecek önemli bir süt çeşidi de manda sütüdür. Çizelge 1.1’de görüldüğü üzere manda sütü, inek sütüne kıyasla daha yüksek kuru madde, protein ve yağ içeriğine sahiptir. Yüksek besin değerine sahip olan manda sütü, başta kaymak, krema, yoğurt, tereyağı, peynir ve dondurma olmak üzere pek çok süt ürününde kullanılmaktadır. Manda sütü yaklaşık %43 daha düşük kolesterol içermektedir (Haktan, 2022). Aynı zamanda daha yüksek düzeyde kalsiyum, demir ve fosfor içeriği ile dikkat çeken manda sütü; immunoglobulinler, laktoferrin, lizozim ve laktoperoksidaz gibi biyo-koruyucu maddelerce de daha zengindir. Bu özellikler, manda sütünü özel diyet ürünlerinde ve sağlıklı gıda üretiminde önemli bir alternatif haline getirmektedir. Ayrıca, proteinlerinin ısıya daha dayanıklı olması ve laktoz intoleransı oluşturma riskinin düşük olması, bu süt türünün teknolojik ve fonksiyonel açıdan önemini artırmaktadır (Bekiroğlu, 2020; Haktan, 2022).

Manda sütündeki oligosakkaritlerin oranı diğer süt çeşitlerine göre daha yüksek olup; B12, riboflavin ve folik asit içerikleri bakımından da zengindir. Ayrıca, folat bağlama kapasitesinin diğer sütlere göre daha düşük olması da sağlık açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. İnek sütüne karşı alerjisi olan bireylerin manda sütünü tolere edebildiği

görülmüştür. Bu süt türünün yüksek protein içeriği ve daha dengeli kalsiyum/fosfor oranı, onu bebek beslenmesinde de öne çıkan bir kaynak haline getirmektedir (Akgün ve Güleç, 2016).

Manda sütündeki bu üstünlükler doğrudan manda yoğurdu ürünlerine de yansımaktadır. Çünkü yoğurt, genel olarak üretildiği sütün besin bileşimini büyük ölçüde korur (Haktan, 2022). Günümüzde yoğurt üretiminde ağırlıklı olarak inek sütü kullanılmakla birlikte, özgün tat ve aroma profiline sahip olan manda sütü, özellikle dokusal özellikleri ve bileşimi açısından yoğurt üretimine oldukça uygun bir süt çeşididir. Manda yoğurdunun özgün tadını baskılamak ve aynı zamanda fonksiyonel özelliklerini artırmak için meyve ilavesi konusunda çeşitli çalışmalar yürütülmektedir (Terzioğlu ve Bakırcı, 2023; Zheleva ve ark. 2023) Son yıllarda manda sütüne olan talebin artması, bu süttan katma değeri yüksek ürünlerin elde edilmesine yönelik bilimsel ve endüstriyel ilgiyi de artırmıştır.

Gıda endüstrisi, tüm ulusal ekonomiler için stratejik öneme sahip olmakla birlikte, artan dünya nüfusu ile birlikte bu önemi daha da artmaktadır. Bu bağlamda, gıda endüstrisi atıklarının değerlendirilmesi konusu da bilimsel araştırmalar açısından ön plana çıkmıştır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne (FAO) göre, dünyada üretilen gıdanın yaklaşık üçte biri israf olmaktadır. Bu nedenle FAO'nun 2030 gündeminde, gıda kayıplarının azaltılmasına ek olarak gıda atıklarının yeniden değerlendirilmesini hedefleyen sürdürülebilir sistemlerin geliştirilmesi yer almaktadır (Despoudi ve ark., 2021).

Meyve suyu üretimi, yıllık bazda önemli miktarda atığın ortaya çıktığı bir sektördür. Bu atıkların çöp olarak görülmesi hem ekonomik hem de çevresel açıdan ciddi sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle son yıllarda, meyve suyu endüstrisi atıklarının biyoaktif bileşenler açısından değerlendirilmesi üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır (Kandemir ve ark., 2022). Ülkemizde son yıllarda üretimi artan tarımsal sanayi yan ürünlerinden biri de aronya posasıdır. Aronya posası, meyve suyu üretimi sırasında meyvenin çöp ve saplarından ayrılarak sıkılması sonucu elde edilen katı yan üründür. Üretici ve özel sektörün bu meyveye olan ilgisi giderek artmaktadır (Şahin ve Erdoğan, 2022).

Kurutma, meyvelerin su aktivitesini azaltmak ve bu sayede bozulmalarını engellemek amacıyla yaygın olarak kullanılan bir gıda koruma yöntemidir. Konvektif, dondurarak, püskürtmeli ve ozmotik kurutma gibi geleneksel yöntemlerinin yanı sıra, elektromanyetik radyasyon, ısı pompası, düşük basınçlı aşırı ısıtılmış buhar, mikrodalga kurutma gibi yeni kurutma teknikleri geliştirilmektedir. Hatta bu tekniklerin birlikte kullanılması, ön işlem ve aralıklı kurutma tekniklerinin denenmesi ile, kurutulmuş meyvelerin besinsel ve işlevsel niteliklerinin korunması ve iyileştirilmesi hedeflenirken, aynı zamanda kurutma süresinin kısaltılması, kurutma hızının ve enerji verimliliğinin artırılmasının sağlanmasına yönelik araştırmalar devam etmektedir (Pateiro ve ark., 2022). Aronya meyvesine yönelik yapılan bir çalışmada, farklı kurutma yöntemlerinin biyoaktif bileşikler üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve dondurarak kurutulmuş örneklerde en yüksek biyoaktif bileşik ve antioksidan aktivite içeriği belirlenmiştir (Samoticha ve ark., 2016).

Bu bilgiler ışığında yürütülen çalışmamızda; meyve suyu üretiminden arta kalan aronya posası, biyoaktif madde içeriğinden maksimum düzeyde faydalanmak amacıyla kurutularak toz hale getirilmiştir. Çalışmada üç farklı kurutma tekniği (güneş kolektörlü kurutucu, döner tepsili kurutucu ve etüv) kullanılmış, elde edilen toz örneklerin toplam fenolik madde içeriği, toplam antosiyanin içeriği ve antioksidan aktivite düzeyleri karşılaştırılmıştır. En yüksek değere sahip olan güneş kolektörlü kurutucuda kurutulan aronya posası tozu, farklı oranlarda manda yoğurduna ilave edilerek kullanılmıştır.

Bu çalışmada amaç, meyve suyu üretiminin yan ürünü olan aronya posası tozunun, fonksiyonel özellikleri yüksek bir süt ürünü olan manda yoğurduna ilave edilmesi ile elde edilen ürünün; fizikokimyasal, mikrobiyolojik, biyoaktif ve duyuşsal özellikleri üzerindeki etkilerini, raf ömrü boyunca değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Aronya (*Aronia melanocarpa*)

Aronya, siyah chokeberry olarak da bilinen, Kuzey Amerika kökenli bir meyvedir. Son yıllarda özellikle Doğu Avrupa ülkeleri başta olmak üzere Avrupa'nın birçok yerinde endüstriyel anlamda yetiştiriciliği yapılmaktadır (Çatalkaya, 2022). Türkiye’de aronya meyvesiyle ilgili ilk yetiştirme çalışmaları 2012 yılında Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü’nde başlatılmış, daha sonra Kırklareli ve Yalova gibi bölgelerde üretim bahçeleri oluşturulmuştur. Günümüzde Tekirdağ, Çanakkale, İstanbul, Bursa, Sakarya, Manisa, Giresun, Bolu ve Bilecik gibi birçok ilde aronya yetiştiriciliği yapılmaktadır (Poyraz ve Mert., 2019).

Aronya meyvesinin dünya çapındaki üretimi ve ekonomik değeri de giderek artmaktadır. 2023 yılı itibarıyla pazar büyüklüğünün 356.9 milyon dolar olduğu tahmin edilmekte olup, bu değer 2033 yılına kadar yaklaşık %40 oranında artması beklenmektedir (Aprodu ve ark., 2025).

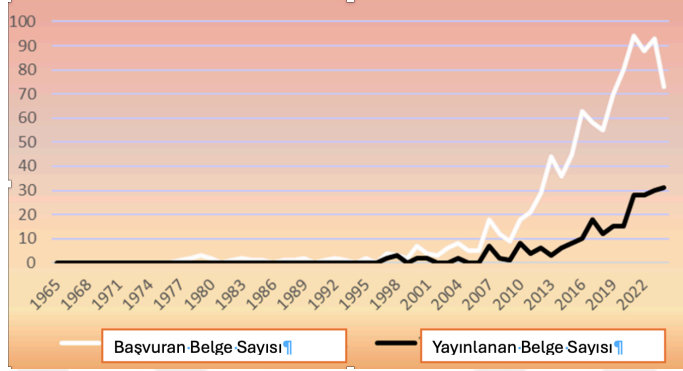


Şekil 2.1 Aronya meyvesi (black chokeberry)

Aronya meyvesi sadece meyve suyu üretiminde değil; aynı zamanda şarap, reçel, meyve çayları, süt ürünleri, unlu mamuller, doğal gıda boyaları ve besin takviyesi ürünlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Güncel verilere göre, 33 ülkede 39 farklı gıda çeşidini içeren toplam 279 aronyalı işlenmiş ürün bulunmaktadır (Lei ve ark., 2023).

Son yıllarda, aronyanın meyvesinin yanı sıra püresi, posası, tozu ve ekstrakt formunun da gıda endüstrisindeki kullanımı üzerine yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Ayrıca, aronyanın yaprakları ve diğer yan ürünlerinin sürdürülebilir üretimdeki potansiyel kullanım alanları da araştırılmaktadır. Şekil 2.2’de görüldüğü üzere, aronya üzerine

yapılan yayın sayısı özellikle 2010 yılından itibaren istikrarlı bir artış göstermiş ve 2021 yılında 94 yayına ulaşarak zirveye çıkmıştır (Xu ve ark., 2024).



Şekil 2.2. *Aronia melanocarpa*'nın yıllık yayın hacmi (Xu ve ark., 2024)

Fırıncılık ürünlerinde yapılan araştırmalar, aronyanın işlenmiş formunun ürünlerdeki biyoaktif bileşen içeriğini artırmanın yanı sıra tekstürel ve duyuşal özellikleri de iyileştirdiğini göstermektedir. Et ve et ürünlerinde yapılan uygulamalarda ise aronya; hem antimikrobiyal ve antioksidan etkileri hem de tekno fonksiyonel katkılarıyla ön plana çıkmaktadır (Cacak-Pietrzak ve ark., 2023; Catană ve ark., 2021).

Süt sanayinde de aronya ve türevlerinin, yeni ürün tasarımlarında katkı maddesi olarak kullanım potansiyeli yüksektir. Aronyanın; diyabet, hipertansiyon ve kanser gibi kronik hastalıkların önlenmesine katkıda bulunabilmesi, aynı zamanda prebiyotik özellik göstermesi, doğal renk ve aroma sağlaması gibi yönleriyle umut vadettiği belirtilmektedir (Arslaner ve Türkoğlu, 2024). Artan yerli üretim kapasitesiyle birlikte aronyanın, özellikle süt ürünleri endüstrisinde daha geniş bir kullanım alanı bulması beklenmektedir.

Aronya, zengin polifenolik bileşikler ve güçlü antioksidan özellikleri nedeniyle gıda ve sağlık sektörlerinde ilgi görmektedir. Aronyanın gıda endüstrisindeki fonksiyonel uygulamaları, biyoyararlanım iyileştirme stratejileri ve potansiyel kullanımları hakkındaki araştırmalar devam etmektedir. Devam eden çalışmalar, aronyanın içeriğindeki aktif bileşiklerinin stabilitesini ve biyoyararlanımını artırmayı amaçlayan mikrokapsülleme ve nanoteknoloji gibi işleme tekniklerindeki temel gelişmeleri vurgulamakta ayrıca, meyve suları, fermente içecekler ve fonksiyonel gıdalar dahil olmak üzere aronya ürünlerinin çeşitlendirilmesini ve artan pazar talebini araştırmaktadır.

Aronya yapraklarının ve yan ürünlerinin sürdürülebilir üretim için potansiyel kullanımları da incelenmektedir (Xu ve ark., 2024).

2.2. Aronyanın Fenolik İçeriği

Fenolik bileşikler, bir aromatik halka ve bir veya daha fazla hidroksilden oluşur. Bu bileşiklerin mono- ve polisakkaritlerle konjuge olabilmeleri, doğada 8000'den fazla, bitkilerde 6000'den fazla fenolik bileşiğin tanımlandığı yapısal çeşitliliğe olanak sağlar. Yapılan çeşitli çalışmalarda aronya meyvesinin içeriğindeki polifenoller (proantosiyaninler, antosiyaninler, fenolik asitler ve flavonoidler) şu şekilde listelenebilir. Siyanidin-3-O-galaktoz, siyanidin-3-O-arabinosid, siyanidin-3-O-ksilosid, siyanidin-3-O-glukozit, pelargonidin-3-O-arabinosid, pelargonidin-3-O-galaktozid, kuersetin-3-O-rutinosit, kuersetin-3-O-galaktozid, kuersetin -3-O-glukozit, kuersetin -3-O-arabinosid, kuersetin-3-O-glukuronid, kuersetin -3-O-arabinoglukozit, kuersetin-3-O-ksilosid, kuersetin-3-O-visianosid, kuersetin-3-O-robinobiyosid, kateşin hidrat, epikateşin, gallokateşin, klorojenik asit, neoklorojenik asit, protokatekuik asit, kafeik asit, rosmarinik asit. Yapılan araştırmalar, aronya meyvesindeki bu çok bileşenli maddelerin kalitatif ve kantitatif varlığının hassas ve etkili bir şekilde belirlenmesini sağlayabilen tekniklerin HPLC, LC-MS ve GC-MS gibi kromatografik cihazlarla mümkün olduğunu belirlemişlerdir (Lei ve ark., 2023).

Denev ve ark. (2018) yaptığı çalışmada, aronya meyvesinin toplam polifenol içeriği 1022–1795 mg/100 g taze ağırlık arasında değişmiş, bu miktarın 284–686 mg/100 g'ını antosiyaninlerin oluşturduğu saptanmıştır. Antosiyaninler meyvelerde kırmızı, mor ve mavi renklerden sorumlu olup, güçlü antioksidan özellikleriyle dikkat çekmektedir (Çatalkaya, 2022). Aronya'daki toplam polifenollerin yaklaşık %25'i antosiyaninlerden oluşmaktadır (Lei ve ark., 2023).

2.3. Aronya'nın Sağlık Üzerine Etkileri

Vücudun metabolik aktiviteleri veya çevresel faktörler nedeniyle ortaya çıkan serbest radikallerin dengelenmesinde antioksidan bileşiklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu antioksidanlar ya endojen olarak sentezlenir ya da gıdalar yoluyla dışarıdan alınır. Serbest

radikalleri nötralize ederek hücre hasarını önleyen bu bileşikler, başta kardiyovasküler hastalıklar olmak üzere pek çok kronik hastalığın önlenmesine katkı sağlar (Sidor ve ark., 2019).

Aronya meyvesinin sağlık üzerindeki olumlu etkileri çeşitli çalışmalarla kanıtlanmıştır. Bunlar arasında; hipertansiyon ve hiperglisemiye dengeleme, dolaşımı iyileştirme, sindirimi düzenleme, kansere karşı koruma, bağışıklık sistemini güçlendirme, hafızayı geliştirme ve yaşlanmayı geciktirme gibi etkiler yer almaktadır. Polifenoller, metal iyonlarını şelatlayabilmeleri, serbest radikalleri süpürebilmeleri ve oksijen radikallerini absorbe edebilmeleri gibi mekanizmalarla antioksidan savunma sağlarlar. Aronya'nın sağlık açısından değerli görülmesinin temelinde bu güçlü polifenolik bileşikler yatmaktadır. Özellikle kötü kolesterol olarak bilinen LDL seviyelerini düşürerek kardiyovasküler risklerin azaltılmasında rol oynadığı gösterilmiştir (Çağlar ve ark., 2017).

Ayrıca, polifenollerin prebiyotik özellik taşıdığı da belirtilmektedir. Bu özellikler; polifenollerin yapısına, kaynağına ve bireyin bağırsak mikrobiyotası yapısına bağlı olarak farklılık gösterebilir. Yeni nesil prebiyotikler arasında sayılan polifenoller, faydalı bakterilerin büyümesini destekleyerek patojen bakterilerin baskılanmasına katkı sağlarlar. Bu nedenle, aronyadaki polifenoller hem fonksiyonel hem de terapötik etkiler sunan umut vadeden bileşikler olarak değerlendirilmektedir (Wróblewska ve ark., 2023).

2.4. Aronya Posası ve Yapılan Çalışmalar

Meyve ve sebze işleme endüstrisinin yan ürünleri, ticari olarak yeterli düzeyde değerlendirilemediği için hem ekonomik kayıplara hem de çevresel sorunlara yol açan önemli gıda atıkları arasında yer almaktadır (Pop ve ark., 2021). Bu atıklar; posa, kabuk ve çekirdek gibi fraksiyonları içermekte olup, karotenoidler, enzimler, polifenoller, yağlar, vitaminler ve diğer biyoaktif bileşikler açısından zengin bileşenler barındırmaktadır (Kumar ve ark., 2020).

Ayrıca, söz konusu yan ürünler, önemli miktarda diyet lifi ve prebiyotik bileşik içermekte olup; bağırsak mikrobiyotasının düzenlenmesi, glisemik yükün düşürülmesi ve gıdalarda bazı sağlıksız bileşenlerin yerini alma gibi çeşitli biyolojik aktivitelere sahiptir. Bu

nedenle, günümüzde daha sağlıklı ve güvenli gıda talepleri doğrultusunda, meyve ve sebze endüstrisinin yan ürünlerinden elde edilen özüt ve tozların gıda ürünlerinin korunması veya fonksiyonel özelliklerinin artırılması amacıyla kullanımı, uluslararası bilim camiası tarafından ilgiyle değerlendirilmektedir.

Meyve ve sebze atıklarından diyet lifi ve prebiyotiklerin geri kazanımı konusunda yürütülen çalışmalar halen devam etmekte olup; bu çalışmalar geri kazanım ve ekstraksiyon yöntemleri, elde edilen bileşenlerin karakterizasyonu ve çeşitli gıda matrislerinde uygulamaları üzerine odaklanmaktadır. Ayrıca bu bileşenlerin, mineral emilimi gibi besinsel etkileri, duyuşal özellikler üzerindeki katkıları, istenmeyen bileşenlerin ikamesi ve potansiyel besin karşıtı etkileri de detaylı olarak tartışılmaktadır. Literatürde, fırıncılık ürünleri, süt ürünleri, et ve balık ürünleri gibi çeşitli gıda gruplarına ekstrakte edilen diyet lifleri ve prebiyotik bileşiklerin ilavesiyle geliştirilen farklı uygulama protokollerine rastlanmaktadır (Pop ve ark., 2021).

Aronya meyvesinin endüstriyel olarak işlenmesi sonucunda, polifenoller, antosiyaninler, diyet lifleri, pektik maddeler, mineraller ve vitaminlerce zengin önemli miktarda posa elde edilmektedir. Oszmiański ve Lachowicz (2016) tarafından yapılan çalışmada, kurutulmuş aronya posasında ve meyve suyu üretimi sırasında ezilen aronya örneklerinde, taze aronyaya kıyasla daha yüksek düzeyde biyoaktif bileşik aktivitesi tespit edilmiştir. Ayrıca, kurutulmuş aronya posasının, kuru toz üretimi için meyvenin tamamına kıyasla daha uygun bir kaynak olduğu belirtilmiştir.

Aronya posasının değerlendirilmesine yönelik çalışmalarda, farklı ekstraksiyon koşullarında çeşitli çözücülerin performansı incelenmiş ve doğal renklendirici olarak kullanımına yönelik optimum antosiyanin ekstraksiyon parametreleri belirlenmiştir. Andrade ve ark. (2021), ultrason destekli basınçlı sıvı ekstraksiyonu yöntemiyle posadan antosiyanin elde edilmesinde; basınç, sıcaklık, ultrason yoğunluğu, çözücü konsantrasyonu ve akış hızı gibi değişkenlerin etkilerini araştırmıştır. Schmid ve ark. (2020) tarafından yürütülen bir başka çalışmada ise, aronya posasındaki diyet liflerinin yapısı ve polifenollerin stabilitesi ile biyoerişilebilirliği incelenmiş, aronya posası tozunun kahvaltılık tahıllarda nişastanın bir kısmını ikame edebilecek potansiyele sahip, zengin bir diyet lifi kaynağı olduğu ifade edilmiştir.

Cacak-Pietrzak ve ark. (2023), buğday ekmeğinin aronya posası ile zenginleştirilmesine yönelik çalışmalarında, dondurularak kurutulmuş aronya tozunu %1 ve %6 arasında değişen oranlarda hamura ilave etmişlerdir. Sonuçlar, posa ilavesinin unun su emilimini artırmasına rağmen hamur stabilitesini azalttığını, dolayısıyla hamurun yumuşamasına neden olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum ekmek hacminde azalma ve kırıntı sertliğinde artışa neden olmuştur. Ayrıca, posa ilavesi ekmek kırıntısının parlaklığını ve sarılığını azaltmış, kırmızılık tonunu ise artırmıştır. Zenginleştirilmiş ekmeklerin daha yüksek diyet lifi, mineral ve toplam fenolik bileşik içeriği ile daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir. Duyusal değerlendirmeler neticesinde, unun %3'ünden fazla oranda aronya posası ilavesinin tüketici kabulünü olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. %3 oranındaki posa ilavesiyle diyet lifi içeriği %80.9, kül içeriği %2.6, yağ içeriği %26.5 ve toplam fenolik içeriği %272 oranında artarken, protein içeriğinde %1.2, karbonhidrat içeriğinde ise %4 oranında azalma gözlenmiştir.

Catană ve ark. (2021) tarafından yürütülen bir çalışmada, aronya posası ile zenginleştirilmiş mini kek geliştirilmiş ve bu ürünün yüksek besin değerine, antioksidan kapasiteye ve olumlu duyusal özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Ürün, 396,87 mg GAE/100 g toplam polifenol, %10,35 protein, %5,29 lif, 489,74 mg/100 g potasyum, 98,36 mg/100 g kalsiyum, 70,11 mg/100 g magnezyum, 3,25 mg/100 g demir ve 1,65 mg/100 g çinko içeriği ile dikkat çekmiştir. Ayrıca 5,02 mg Trolox/g düzeyinde antioksidan kapasiteye ve 7 günlük raf ömrüne ulaşılmıştır. Bu olumlu etkilerin, aronya posası tozunun antioksidan ve antibakteriyel özelliklerinden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Pădureț ve ark. (2024), aronya meyvesi, suyu ve posasının farklı oranlarda (%1, 2 ve 3) yoğurda ilave edilmesiyle elde edilen ürünlerin fizikokimyasal, dokusal, antioksidan ve duyusal özelliklerini incelemiştir. %3 aronya posası ilavesiyle toplam kuru madde içeriği %11.46'dan %13.71'e yükselmiştir. Ancak meyve ve meyve suyu ilavesi protein içeriğini azaltmıştır. Yoğurtların pH değeri posa oranı arttıkça düşerken, yağ içeriği anlamlı bir değişiklik göstermemiştir. En yüksek DPPH radikal inhibisyonu meyve ilaveli örneklerde gözlenmiş, ardından posa ve meyve suyu gelmiştir. Toplam fenolik madde içeriği sırasıyla aronya posası > meyve > meyve suyu şeklinde azalmıştır. Bu sonuçlar, aronya

posasının yoğurdun besin ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirebileceğini, bu yan ürünün değerlendirilmesi açısından önemli bir seçenek sunduğunu göstermektedir.

Babaoğlu ve ark. (2022), aronya, böğürtlən, kırmızı frenk üzümü ve yaban mersini posası özlerinin, buzdolabında 9 gün boyunca saklanan dana köftelerindeki doğal koruyucu etkilerini araştırmıştır. Çalışmada, aronya posası özütünün toplam fenolik ve flavonoid içeriğinin en yüksek düzeyde olduğu ve oksidatif stabiliteyi artırarak ürünün mikrobiyolojik kalitesini koruduğu saptanmıştır. Tüm özlerin, özellikle kırmızı kuş üzümü posası özünün yüksek DPPH aktivitesi gösterdiği, lipid oksidasyonu üzerinde engelleyici etki oluşturduğu ve renk ile duyuşsal özellikleri olumlu etkilediği belirlenmiştir. Ancak tüm depolama süresince meyve posası özlerinin laktik asit bakterileri ve *Staphylococcus* türleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı kaydedilmiştir.

2.5. Yoğurt ve Yapılan Çalışmalar

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliğı (2022)'ne göre yoğurt; fermentasyon sürecinde spesifik starter kültürler olan *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un birlikte kullanılmasıyla, inkübasyon sonrasında pıhtısı kırılmadan (set tipi) ya da karıştırılarak kırılmış (stirred tipi) şekilde elde edilen ve son tüketim tarihinde yeterli düzeyde canlı ve aktif starter bakteri içeren fermente bir süt ürünü olarak tanımlanmaktadır.

Yoğurt hem sağlık yararları hem de üstün duyuşsal özellikleri sayesinde yüksek düzeyde tüketici kabulü gören bir üründür. Bir yetişkinin günlük kalsiyum ihtiyacının yaklaşık %40'ını, fosfor ihtiyacının ise %30–45'ini karşılayabilmesinin yanı sıra, prolin ve glisin gibi önemli amino asitler açısından da zengin bir kaynaktır. Aynı zamanda mükemmel bir protein, karbonhidrat, kalsiyum, fosfor, A vitamini, tiamin, riboflavin, niasin, folat ve kobalamin kaynağıdır (Rehman ve ark., 2023). Yoğurt; probiyotikler, laktik asit bakterileri, vitaminler, kalsiyum ve protein gibi fonksiyonel bileşenleri sağlayarak hem besleyici hem de sağlık açısından destekleyici bir fermente süt ürünü olarak öne çıkmaktadır (Rashwan ve ark., 2023). Nutrasötik (beslenmeye ek sağlık yararı sunan) özellikleriyle bilinen yoğurt, başta inek sütü olmak üzere koyun, keçi, manda gibi farklı hayvanlara ait sütlerden; değişen üretim teknikleriyle farklı form ve niteliklerde üretilbilmektedir.

Ortalama bir insan diyetinin yaklaşık %25–30'unu oluşturan süt ve süt ürünleri, antioksidan özellik gösteren bileşikler açısından zengin kaynaklardır. Bu ürünlerin antioksidan kapasitesi; kükürt içeren amino asitler, peynir altı suyu proteinleri (özellikle β -laktoglobulin), A, E ve C vitaminleri ve β -karotenin varlığı ile ilişkilidir. Ayrıca fermentasyon sürecinde probiyotik suşlar tarafından lipit peroksidasyonunu engelleyen biyoaktif peptitlerin salınımı, ürünlerin antioksidan kapasitesini artırmaktadır. Bu bağlamda, probiyotik suşların kullanımı da antioksidan kapasiteyi önemli ölçüde artırmakta; *Lactobacillus casei/acidophilus* türleri en yüksek antioksidan potansiyele sahip suşlar olarak bildirilmektedir (Fardet ve Rock, 2018; Stobiecka ve Brodziak, 2022). Gjorgievski ve ark. (2014) tarafından yürütülen bir çalışmada, simbiyotik kültürler ve probiyotik suşlar ile fermente edilen sütün antioksidan kapasitesinde artış gözlenmiştir. En yüksek antioksidan aktivite, *Lactobacillus acidophilus* suşuyla fermente edilen sütte (%54,86) kaydedilirken; en düşük aktivite, sadece klasik simbiyotik kültürler ile elde edilen örneklerde (%45,18) bulunmuştur.

Yeni fermente süt ürünlerinin geliştirilmesi genellikle iki temel hedefi amaçlamaktadır: (1) iyileştirilmiş fizikokimyasal, reolojik, dokusal ve duyuşal özellikler elde etmek, (2) ürünlere özgü besleyici ve işlevsel nitelikler kazandırmak (Dabija ve ark., 2017).

Endüstriyel üretimde yoğurdun işlevselliğini ve nutrasötik özelliklerini geliştirmek için doğal veya sentetik katkı maddeleri ilave edilmektedir. 1990'lı yıllardan sonra yoğurda probiyotik bakteriler ve prebiyotikler eklenerek bu alandaki araştırmalar yoğunlaşmış ve oluşan yeni ürünün beslenmedeki yararları daha iyi anlaşılmaya başlanmıştır (Dabija ve ark., 2017). Son dönemlerde yoğurt formülasyonuna moringa, hurma ağacı, üzüm çekirdeği ve argel yaprağı ekstraktları, kızılçik ezmesi, dut meyvesi ve yaprak tozu, mercimek unu, farklı lif türleri, limon otu ve nane esansiyel yağları ve bal gibi çeşitli doğal katkı maddelerinin ilave edildiği çalışmalar mevcuttur (Bankole ve ark., 2023). Bununla birlikte, yoğurdun fizikokimyasal, reolojik, dokusal ve duyuşal özelliklerini geliştirmek için inülin, β -glukan, pektin, sodyum aljinat ve jelatin gibi değiştirilmiş katkı maddeleri de eklenmektedir. Bu katkı maddeleri yoğurt üzerindeki teknolojik etkileri nedeniyle eklense de çalışmalar katkı maddeleri eklendiğinde yoğurdun besinsel ve nutrasötik özelliklerini etkilediğini göstermiştir. Fonksiyonel katkı maddeleri, özellikle de doğal katkı maddeleri ile zenginleştirilmiş yoğurtların, gelişmiş bir besin kalitesine

sahip olduğu ve kardiyovasküler hastalık, kanser, osteoporoz, oksidatif stres ve hiperglisemi riskinin azaltılması gibi sağlık yararları sağladığı yapılan araştırmalarla rapor edilmiştir (Bankole ve ark., 2023).

Yoğurda ilave edilen sebze ve meyveler, taze veya konsantre halde, kurutulmuş ve toz haline getirilmiş formda veya toz/sıvı ekstraktlar olarak eklenebilmektedir. İlave zamanı pastörizasyon ve fermentasyon sırasında veya sonrasında olabilmektedir. Katkı maddelerinin sağlık faydalarını arttırma ve kimyasal bileşimini geliştirmenin yanında, yoğurdun mikro yapısı, dokusu ve duyuşal özellikleri gibi teknolojik ve organoleptik özelliklerini de iyileştirdiğı dikkate alınmalıdır. Örneğın, vanilya ve çilek gibi bazı doğal katkı maddeleri ilavesi, yoğurdun antidiyabetik, antioksidan, antimikrobiyal, obezite ve kanser önleyici aktiviteleri gibi ve sağlığı geliştirici özelliklerini arttırabilmektedir (Bankole ve ark., 2023).

Szajnar ve ark. (2021), farklı oranlarda aronya lifi ilavesiyle fermente koyun sütünde probiyotik bakterilerin canlılıklarını incelemiş, aronya lifinin diyet lif içeriğini artırırken *Lactobacillus acidophilus* ve *Lactobacillus rhamnosus*'un gelişimini desteklediğini bildirmiştir. Aronya lifinin, yüksek polifenol içeriğı sayesinde fonksiyonel gıda pazarı ačíısından umut vadeden bir katkı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

İbrahim ve ark. (2020) ise kurutulmuş nar kabuğı tozunun yoğurda ilavesiyle, mide ve safra sıvısı simülasyonunda probiyotik canlılığı arttırdığını ve raf ömrünü uzattığını bildirmiştir. Ayrıca protein, kuru madde ve pektin içeriğinde artış sağlayarak dokusal özellikleri iyileştirdiğı gözlenmiştir.

Gürbüz (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, kuşburnu çekirdeğı tozu ilavesiyle üretilen probiyotikli yoğurtlarda fenolik içerik, antioksidan aktivite ve besin bileşenlerinde önemli artış sağlanırken, sinerezis oranı azalmış ve mikrobiyal canlılık yükselmiştir.

Benzer şekilde Bodur (2024), ticari ve yerel starter kültürlerle hazırlanmış yoğurtlara %2 ve %4 oranında aronya pulpu ilavesiyle fizikokimyasal ve biyolojik parametrelerde olumlu değışiklikler gözlemlemiştir. %4 aronya katkılı yoğurt örneğı en yüksek antioksidan kapasite ve fenolik madde içeriğine sahip olmuş, duyuşal değerlendirmede

de en yüksek puanı almıştır. Ayrıca depolama boyunca kıvam ve renk sabit kalırken, yoğurdun asitliği artmış; serum ayrılması ve pH değerleri kültür tipine ve aronya oranına bağlı olarak değişiklik göstermiştir.

Fonksiyonel gıdalar, temel beslenme ihtiyacının karşılanmasının ötesinde, içerdiği spesifik biyoaktif bileşenlerle sağlığa olumlu etkiler sunan ve bu etkileri bilimsel olarak kanıtlanmış gıdalardır (Çirişoğlu ve Olum, 2019; Vargas ve ark., 2021). Avrupa Gıda Bilgi Konseyi'ne göre bu ürünler; takviye edilmiş ve zenginleştirilmiş gıdalar, diyet takviyeleri ve sağlıklı gıdaları içermektedir. Nüfus yapısındaki demografik ve sosyoekonomik değişiklikler, sağlık faydası olan gıdalara talebi artırmış ve tüketiciler lezzetin yanı sıra sağlık yararlarını da dikkate almaya başlamıştır.

Fonksiyonel bileşenler; polisakkaritler, fenolik bileşikler, flavonoidler, antosiyaninler ve amino asitler gibi çeşitli gruplardan oluşmakta ve yoğurt gibi fermente ürünlerde doğal stabilizatör ve dokulandırıcı işlevler üstlenmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda yoğurda meyve, sebze, posa ve tahıllardan elde edilen doğal fonksiyonel bileşenlerin ilavesiyle fenolik içerik ve flavonoid düzeylerinde %96.52 ve %97.72 oranında artış sağlandığı, su tutma kapasitesinin %20–25 arttığı, laktik asit bakterilerinin canlı hücre sayısında yükselme gözlemlendiği ve sinerezisin %15–32 oranında azaldığı rapor edilmiştir. Ayrıca görünür viskozite, doku, mikro yapı ve duyu özelliklerinde gelişme sağlandığı; antioksidan kapasitenin 100 g yoğurt başına 4,88 mg trolox eşdeğerinden 15.03 mg trolox eşdeğerine yükseldiği belirtilmiştir (Rashwan ve ark., 2023).

Yoğurt, probiyotik içeriği sayesinde doğası gereği fonksiyonel bir gıdadır. Son dönem araştırmalar, yoğurdun diğer biyoaktif bileşenlerle zenginleştirilerek hem sağlık yararlarının artırılabilceğini hem de endüstriyel olarak daha yüksek katma değerli ürünlerin geliştirilebileceğini ortaya koymuştur. Aronya meyvesi ise içerdiği yüksek düzeydeki fenolik bileşikler, özellikle antosiyaninler sayesinde güçlü antioksidan kapasiteye sahiptir ve bu nedenle fonksiyonel gıda üretiminde oldukça önemli bir bileşen olarak değerlendirilmektedir.

2.6. Manda Yoğurdu ve Yapılan Çalışmalar

Manda sütü, sığır sütünde bulunmayan biliverdin, biyoaktif pentasakkaritler ve ganglioizidler gibi özgün bileşenlerin yanı sıra; daha yüksek düzeyde laktoz, yağ, protein, kül, A ve C vitaminleri içeren lezzetli ve besleyici bir süt türüdür (Ivanova ve ark., 2021). Bu yönüyle, yalnızca beslenme değeri açısından değil, aynı zamanda fonksiyonel özellikleri bakımından da dikkat çekmektedir.

Türkiye’de 2024 yılı verilerine göre toplam çiğ süt üretiminin %93.6’sı inek, %4’ü koyun, %2.1’i keçi ve yalnızca %0.3’ü manda sütünden elde edilmektedir (TÜİK, 2025).

Çizelge 2.1. Türkiye’de çiğ süt üretimi (2023 ve 2024 yılı)

	2023	2024	(Ton) Değişim (%)
Toplam	21 481 567	22 487 757	4,7
İnek	19 961 908	21 040 442	5.4
Manda	43 025	58 122	35.1
Koyun	933 576	90 6945	-2.9
Keçi	543 058	48 2247	-11.2

Dünya genelinde süt üretiminin yaklaşık %15’ini oluşturan manda sütü, son yıllarda inek sütüne kıyasla daha hızlı bir üretim artışı göstermektedir (Vargas ve ark., 2021). Yüksek besin değeri ve özgün bileşen içeriği nedeniyle, inek sütü proteinine karşı alerjisi bulunan bireyler için alternatif bir süt kaynağı olarak öne çıkmakta ve süt endüstrisine önemli katkılar sağlamaktadır. Manda sütü; yüksek toplam kuru madde içeriği, beyazlık ve viskozite gibi belirgin fizikokimyasal özellikleri sayesinde, inek sütü ürünleriyle kolayca taklit edilemeyen özel bir süt ürünü olarak değerlendirilmektedir.

Gıda ve Tarım Örgütü’ne (FAO) göre küresel manda sütü üretimi istikrarlı bir artış eğilimi göstermektedir. Manda sütü ve işlenmiş ürünleri dünya genelinde yaygın şekilde tüketilmekte olup; yüksek protein, demir, kalsiyum ve konjuge linoleik asit içeriği sayesinde besin değeri açısından ön plana çıkmaktadır. Bu bileşenlerin sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin anlaşılmasıyla birlikte, tüketim oranlarında artış gözlenmektedir. Ayrıca, inek sütüne karşı alerjisi olan bireyler için manda sütü potansiyel bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Abesinghe ve ark., 2020).

Manda yoğurdu, içerdği yağ asitleri profiliyle de dikkat çekmektedir. Bütrik, kaprilik, kaprik ve laurik asit gibi kısa ve orta zincirli yağ asitlerinin antikanserojen ve antimikrobiyal etkiler gösterdiği, dolayısıyla çeşitli hastalıklara karşı koruyucu potansiyel taşıdığı bildirilmektedir. Buna karşılık, laurik, miristik, stearik ve palmitik asit gibi doymuş yağ asitlerinin yüksek düzeyde tüketiminin plazma kolesterol düzeyini artırabileceği bilinmektedir. Ancak, manda sütü ve yoğurdu, oleik asit açısından zengin bir kaynak olup; plazma kolesterolü, LDL-kolesterolü ve trigliserit düzeylerini azaltıcı etkileri sayesinde kardiyovasküler sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlayabilmektedir (Ivanova ve ark., 2021).

Manda sütü, inek sütüne kıyasla nispeten daha yüksek oranda karbonhidrat içermekte ve bu durum, daha yüksek titrasyon asitliği ile sonuçlanmaktadır (Meybodi ve ark., 2020). Fermente ürünlerde ayrışmamış organik asitlerin konsantrasyonu bakterisidal etkiyi artırmakta; dolayısıyla, ürünlerin düşük pH değeri ve yüksek titrasyon asitliği, depolama süresince probiyotik mikroorganizmaların canlılığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Tripathi ve Giri, 2014). Bu bağlamda, manda sütüne prebiyotik bileşiklerin ilavesi, fermentasyon sonrası aşırı asit oluşumunu sınırlamak ve probiyotik canlılığı artırmak açısından önemli bir strateji olarak değerlendirilmektedir (Abesinghe ve ark., 2020).

Manda yoğurdunun biyoaktif özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar ise halen sınırlı düzeydedir. Zheleva ve ark. (2023) gerçekleştirdiği bir çalışmada, manda sütüne %3 ve %5 oranlarında aronya suyu ilavesiyle üretilen yoğurt örneklerinde mineral ve yağ asidi profili, serbest amino asit içeriği, B1, B2 ve B6 vitaminleri ile antioksidan kapasite incelenmiştir. Araştırma sonucunda, %5 oranında aronya suyu içeren yoğurdun en yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu, ayrıca B1, B2 ve B6 vitaminlerinin diğer örneklere kıyasla daha yüksek seviyelerde bulunduğu belirlenmiştir.

Benzer şekilde, Terzioğlu ve ark. (2023) tarafından yapılan başka bir çalışmada, ABT-2 probiyotik kültürü kullanılarak üretilen manda yoğurduna farklı oranlarda (%5, %7.5, %10) çilek püresi ve %7.5 oranında şeker ilave edilmiştir. Çalışmada ürünlerin yağ asidi kompozisyonu, ACE inhibitör aktivitesi ve hidroksimetilfurfural (HMF) içeriği değerlendirilmiştir. Sonuçlar, meyve ilavesinin toplam doymuş yağ asitleri ve ACE inhibitör aktivitesini azalttığını, buna karşılık HMF, toplam tekli doymamış ve çoklu

doymamış yağ asitleri içeriğini artırdığını göstermiştir. Ayrıca, ürünler üzerinde depolama süresi boyunca fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizler gerçekleştirilmiş ve çilek püresi ilavesinin, minör düzeydeki çoklu doymamış yağ asitleri hariç, tüm parametreler üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğu ($P < 0.01$) raporlanmıştır. Bu bulgular doğrultusunda, meyve ilaveli manda yoğurtlarının fonksiyonel gıda olarak tüketimi önerilmiştir.

Üzüm çekirdeği tozu katkılı manda yoğurdunun biyoaktif özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, pH, sinerezis, viskozite ve duyu özelliklerinin belirlenmesinin yanı sıra antioksidan, antibakteriyel, antikanser aktiviteleri gibi bazı fonksiyonel özellikler de değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, üzüm çekirdeği tozu ilavesi ile duyu özelliklerin etkilenmeden fonksiyonel özelliklere sahip bir yoğurdun geliştirilebileceği belirtilmiştir (Tami ve ark., 2022).

Bir çalışmada, bael meyvesi posası ile zenginleştirilmiş manda yoğurdu üretiminde, starter kültüre ilaveten probiyotik *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG (LGG) suşu kullanılmış ve depolama süresi boyunca pH, sinerezis, sertlik, probiyotik canlılık ve duyu özelliklerdeki değişimler değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda LGG'nin yüksek probiyotik potansiyelini destekleyecek şekilde, manda sütü yoğurdun uygun bir taşıyıcı matris olduğu belirlenmiş; ayrıca %5 bael posası ilavesinin simbiyotik ürün geliştirmek için optimal bir kombinasyon sunduğu ifade edilmiştir (Yapa ve ark., 2023).

Qayyum ve ark. (2024), manda yoğurduna %5, %10, %15, %20, %25 ve %30 oranlarında dut posası ilave ederek, ürünün fizikokimyasal özellikleri ile fonksiyonel (antioksidan ve toplam fenolik içerik) ve duyu özellikleri üzerine etkilerini değerlendirmiştir. 30 günlük depolama süresi boyunca yapılan analizlerde, dut posası konsantrasyonundaki artışın asitlik, sinerezis, antioksidan kapasite ve fenolik içerik değerlerini artırdığı görülmüştür. Özellikle %30 oranındaki dut posası ilavesi, 100 g yoğurtta sırasıyla 85,7 mg ve 95,0 mg düzeylerinde antioksidan ve toplam fenolik bileşik sağlamıştır. Ancak bu parametrelerin depolama süresi boyunca azalma eğilimi gösterdiği, buna karşılık sinerezis ve asitlik değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

Başka bir çalışmada, düşük yağlı probiyotik manda yoğurdu üretiminde %1, %2 ve %3 oranlarında mango posası tozu kullanılarak ürünlerin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve

duyusal özellikleri araştırılmıştır. Mango posası ilavesiyle yoğurdun toplam kuru madde, protein, kül, pH, diyet lifi, viskozite, fenolik içerik ve antioksidan aktivite değerlerinde artış kaydedilmiştir. Bu artışların mango posası tozu konsantrasyonuyla doğru orantılı olduğu ifade edilmiştir. Öte yandan, asitlik ve sinerezis değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Ayrıca, mango posası ilavesi *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidum* gibi probiyotiklerin canlılığını da artırmış; en yüksek duyusal puanlar %3 mango posası tozu ilavesiyle elde edilmiştir. Bu bağlamda mango posası tozunun %3 oranında kullanımı, düşük yağlı yoğurtların fonksiyonel ve duyusal kalitesini artırmada etkili bulunmuştur (Atwaa ve ark., 2020).

El-Kholy ve ark. (2023) çalışmasında, hindiba ve enginar köklerinden ekstrakte edilip saflaştırılan inülinin, fonksiyonel süt ürünleri üretimindeki potansiyeli araştırılmış ve bu amaçla inülin, manda yoğurduna ilave edilmiştir. Çalışmada, inülinin fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri ile mikroyapısal yapısı ve probiyotik canlılık üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) teknikleriyle yapılan analizlerde, elde edilen inülinlerin yüksek verim ve saflıkla birlikte gelişmiş fonksiyonel özellikler sunduğu belirlenmiştir. Saflaştırılmış hindiba ve enginar kökü inülinleri ile zenginleştirilen biyo-yoğurtların fizikokimyasal, mikroyapısal, mikrobiyolojik ve duyusal açıdan kontrol örneklerine kıyasla üstün özellikler gösterdiği; bu örnekleri, inülin-maltodekstrin karışımları ve ticari inülin uygulamalarının izlediği belirtilmiştir. Bu sonuçlar, inülinin süt ürünlerinde prebiyotik diyet lifi olarak kullanımına dair umut verici veriler sunmuştur.

Nasser (2022) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, limon kabuğu tozu farklı oranlarda (%0.1, 0.2 ve 0.3) manda yoğurduna ilave edilmiştir. Ürünler 30°C ve 45°C sıcaklıklarda inkübe edilerek C vitamini içeriği, pH, antioksidan kapasite ve bazı mineral (kalsiyum, sodyum, demir, potasyum) içerikleri değerlendirilmiştir. C vitamini ve antioksidan kapasite bakımından 30°C’de inkübe edilen örnekler daha yüksek değerlere sahip olurken, pH değerine ulaşmak için bu sıcaklıkta daha uzun süreli inkübasyon gerekmiştir. Protein içeriği ile mineral değerleri açısından örnekler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir.

Bu bağlamda yapılan çalışmalar, özellikle meyve ve sebze kökenli posa, kabuk veya ekstraktların, fonksiyonel süt ürünlerine ilavesiyle ürünlerin hem sağlık yararlarını hem de teknolojik ve duyusal kalitesini artırma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, aronya meyvesi posası gibi antioksidan kapasitesi yüksek, fenolik bileşiklerce zengin bir yan ürünün manda yoğurdu gibi besleyici değeri yüksek süt ürünlerinde kullanımı üzerine çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Buradan hareketle, bu tez çalışmasında aronya meyvesi posasının farklı kurutma yöntemleriyle elde edilen tozlarının manda yoğurduna ilavesiyle, biyoaktif bileşiklerce zengin ve sağlığı destekleyici fonksiyonel bir süt ürünü geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu kapsamda;

- Aronya posası üç farklı kurutma tekniği (ör. dondurarak kurutma, sıcak hava ile kurutma vb.) ile kurutulmuş ve bu örneklerde toplam fenolik madde, fenolik profil, toplam antosiyanin miktarı ve antioksidan aktivite analizleri gerçekleştirilmiştir.
- Yapılan analizler doğrultusunda en uygun kurutma yöntemiyle elde edilen aronya posası tozu seçilmiş ve bu toz farklı oranlarda manda yoğurduna ilave edilerek fonksiyonel ürün geliştirme denemeleri yapılmıştır.
- Elde edilen fonksiyonel yoğurt örneklerinin depolama süresi boyunca biyoaktif bileşen içerikleri (fenolik bileşikler, antosiyaninler, antioksidan aktivite) takip edilmiştir.
- Ayrıca, yoğurt örneklerinin, depolama süresince, laktik asit bakteri gelişimi, reolojik ve duyusal özellikleri izlenerek ürün kalitesi bütüncül olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmadan elde edilecek bulguların, aronya posasının fonksiyonel gıda bileşeni olarak değerlendirilmesine ve sürdürülebilir gıda üretimi yaklaşımlarına katkı sağlaması beklenmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Aronya Posasının Temini, Kurutulması ve Toz Forma Dönüştürülmesi

Çalışmada kullanılan Aronya posası Tekirdağ Bağcılık Enstitüsünden temin edilmiştir. Aronya meyvesinin meyve suyu üretiminden atık olarak çıkan posa aşağıda belirtilen üç farklı yöntem ile kurutulmuştur.

- Güneş Kolektörlü Kurutucu (GE) ile 45-50 °C’de, (28 saat 45 dakika),
- Döner Tepsili Kurutucu (DT) ile 60°C’de 1m/sn dönüş hızında, (5 saat),
- Etüv (ETV) ile 55-60°C’de, (20saat 50dak.)

Yukarıda belirtilen üç yöntem ile kurutulan posalar, kahve öğütücüde 20sn öğütülerek toz forma getirilmiş ve analiz edilinceye kadar kilitli poşetlerde -18°C’de muhafaza edilmiştir.

3.2. Yaş Aronya Posasında Yapılan Analizler



Şekil 3.1. Yaş aronya posası

3.2.1. pH ve toplam asitlik tayini

Yaş posa örneklerinden 10 g tartılarak üzerine 40 mL saf su ilave edilerek 2 dakika vorteksle karıştırılmıştır. Santrifüj edilen süpernatanttan 5 mL alınarak, birkaç damla fenolftalein (etanolda %1’lik) damlatılıp, 0.1 N NaOH çözeltisi ile titrasyona tabi tutulmuştur. Sonuçlar “malik asit” (g/100g) cinsinden hesaplanmıştır (Cemeroğlu 2007).

$$\text{Titrasyon asitliği (\%)} = \frac{N \cdot V \cdot f \cdot E \cdot 100}{M}$$

N: NaOH'ın normalitesi

V: Harcanan 0.1 N NaOH miktarı, mL

f: 0.1 N NaOH'ın faktörü, 1

E: 1 mL 0.1N NaOH'in eşdeğeri malik asit miktarı (0,0067)

M: Titrasyon için alınan örnek miktarı, mL veya g

pH tayini, direkt olarak pH metre (Mettler Toledo FE20) ile ölçümleri yapılmıştır.

3.2.2. Kuru madde tayini

Yaş aronya posası örneklerinden 5 g tartılarak 105°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar tutulması sonucu meydana gelen ağırlık kaybından % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

3.2.3. Kül miktarı

Yaş aronya posası örneklerinin kül miktarı, 5g örneğin 550°C'de esmer lekeler kalmayıncaya kadar yakılmasıyla meydana gelen ağırlık kaybından % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

3.2.4. Su aktivitesi tayini

Yaş posaların Decagon 4TE cihazı ile su aktivite değerleri ölçülmüştür.

3.3. Aronya Posası Tozunda Yapılan Analizler

3.3.1. pH ve toplam asitlik tayini

Kurutulmuş posa örneklerinden 5g tartılarak 45mL saf su ilave edilerek 2 dakika vorteksle karıştırılmıştır. Santrifüj edip süpernatanttan 5mL alınarak, pH 8,2 değerine kadar 0.1 N sodyum hidroksit kullanılarak titrasyon asitliği belirlenmiştir. Titrasyon asitliği, malik asit cinsinden % olarak hesaplanmıştır (Demirkol, 2021). Süpernatantın kalan kısmı pH ölçer (Mettler Toledo FE20) ile pH değerini ölçmek için kullanılmıştır.

3.3.2. Kuru madde tayini

Kurutulmuş aronya posası örneklerinden 5 g tartılarak 105°C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar tutulması sonucu meydana gelen ağırlık kaybından % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

3.3.3. Kül miktarı

Meyve posası örneklerinin kül miktarı, 5g örneğin 550°C’de esmer lekeler kalmayıncaya kadar yakılmasıyla meydana gelen ağırlık kaybından % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

3.3.4. Su aktivitesi tayini

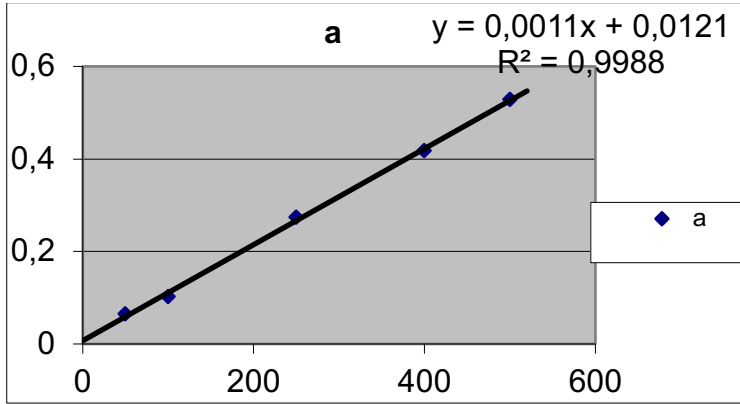
Decagon 4TE cihazı ile kurutulmuş örneklerde su aktivite değerleri ölçülmüştür.

3.3.5. Aronya posası tozunda ekstraksiyon

Spektrofotometrik analizler için her numuneden 2±0.01 g tartılmıştır. Örneklerin üzerine solvent olarak %0.1 (v/v) formik asit içeren 8 mL %75 sulu metanol ilave edilmiş, 1 saat döner karıştırıcıda ekstrakte edilmiştir. Sonrasında 10 dakika 4500 rpm’de santrifüjlenen örneklerin oluşan sıvı kısmı, koyu renkli şişelere aktarılmıştır. Ekstraktları içeren şişeler, analizler yapılmıncaya kadar -20°C’de saklanmıştır (Çapanoğlu ve ark., 2008).

3.3.6. Toplam fenolik madde miktarı

Ekstrakte edilen örnekler Waterhouse (2002) tarafından bildirilen Folin-Ciocalteu metodu ile gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g) cinsinden belirlenmiştir. Spektrofotometre küvetlerine (4mL’lik makro küvet) ilk olarak 40 µL aronya ekstraktları, sonrasında üzerine 3.16 mL saf su ve 200 µL Folin-Coialteau çözeltisinden (Merck, Almanya) ilave edilmiştir. 2-3 dakika sonrasında 600 µL doymuş sodyum karbonat (Merck, Almanya) çözeltisi (200g/L) eklenip 2 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilmiş, süre bitiminde spektrofotometrede (UV-Mini 1240, Shimadzu) 765 nm dalga boyunda ekstrakt yerine saf su kullanılarak hazırlanan şahit numuneye karşı absorbans değerleri okunmuştur.



Şekil 3.2. Toplam fenolik madde standart eğrisi (mg gallik asit/kg) (x: absorbans değerleri; y: gallik asit konsantrasyonları (mg/L))

3.3.7. Fenolik madde içerik tayini

Ekstrakte edilen örnekler 0.45 µm membran filtreler ile filtrelenerek, HPLC sistemine enjekte edilerek analiz gerçekleştirilmiştir. İncelenen fenolik maddeler; gallik asit, 3-4 dihidroksi benzoik asit, (+)-kateşin, vanillik asit, şiringik asit, (-) epikateşin, kaftarik asit, klorojenik asit, kafeik asit, kumarik asit, ferulik asit, t-resveratrol, rutin tri-hidrat, kamferol 3-glukozit, kuersetin'dir. Fenolik madde içerikleri mg/kg olarak belirlenmiştir. HPLC sisteminde kullanılan gradient elüsyon profili aşağıdaki gibidir (Hasçelik ve Turmuş, 2017).

HPLC Sistemi:

Cihaz : HPLC Shimadzu LC-20A
 Kolon : ODS-3
 Dedektör : PDA
 Mobil Faz : A: asetik asit:su (2:98 v/v); B: acetonitril (100 v/v)
 Akış Hızı : 1.5 mL/dk
 İnjesiyon hacmi : 20 µL

Çizelge 3.1. HPLC sisteminde kullanılan gradient elüsyon profili

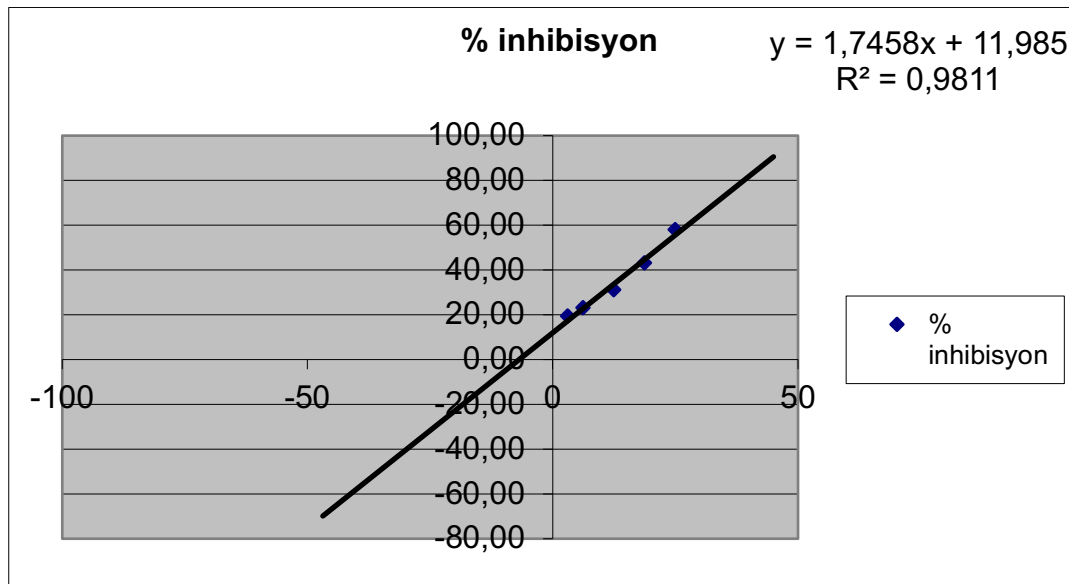
Süre (dk)	Mobil Fazlar	
	%A	%B
0-10	95	5
10-25	85	15
25-30	85	15
30-45	60	40
45-50	20	80
50-60	95	5
60	Bitiş	-

3.3.8. Toplam antosiyanin miktarı

Tüm örneklerle ait ekstraksiyon işlemi yapılmış numunelerde Cemeroğlu (2007)'ye göre pH diferansiyel metodu ile gerçekleştirilmiştir. Toplam antosiyanin miktarları, aronyada baskın bulunan siyanidin-3-glukozid (CGE) cinsinden hesaplanmıştır ve mg CGE/g olarak belirlenmiştir. Bu amaçla pH değeri 1.0 olan 0.025 M potasyum klorür tampon çözeltisi ve pH değeri 4.5 olan 0.4 M sodyum asetat tampon çözeltisi hazırlanmıştır. Antosiyaninlerin ölçümü ekstraktların tampon çözeltiler ile spektrofotometrenin linear sınırları (0.4-0.6) içerisinde kalacak şekilde seyreltilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Antosiyanin miktarının belirlenmesinde; Shimadzu marka UV-spektrofotometre (Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) kullanılmıştır.

3.3.9. Antioksidan aktivite tayini

Ekstraksiyon işlemleri gerçekleştirilen örneklerde antioksidan aktivite tayini, DPPH serbest radikal yakalama aktivitesi esasına göre yapılmıştır (Brand-Williams ve ark., 1995). 1.95 mL DPPH çözeltisine 50 µL farklı miktarlardaki ekstrakt eklenmiş, vorteksle karıştırıldıktan sonra oda koşullarında karanlıkta 30 dakika bekletilmiş ve 517 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Farklı ekstrakt konsantrasyonlarına karşı absorbans değerleri kullanılarak standart bir Trolox eğrisi çizilmiş ve sonuçlar mM Trolox/g cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil 3.3. DPPH analizi standart eğrisi (x: %inhibasyon; y: konsantrasyon (µM))

3.3.10. Renk analizi

Örneklerin L, a ve b değerleri Konika-Minolta cihazı ile belirlenerek Chroma ve hue değerleri de hesaplanmıştır.

3.4.Aronya Tozu Katkılı Manda Yoğurdu Üretimi

Üç farklı kurutma yöntemi ile kurutulmuş ve toz hale getirilmiş örneklerde yapılan analiz sonuçlarında toplam fenolik madde miktarı, toplam antosiyanin miktarı ve antioksidan aktivite değerleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek değerler güneş kolektörlü kurutucuda kurutulan posalarda tespit edilmiştir. Aronya posası tozu katkılı manda yoğurdu üretiminde güneş kolektörlü kurutucuda kurutulan posalar kullanılmıştır. Yoğurt üretiminde kullanılacak posalar yoğurtta homojen bir görüntü sağlanması ve yapılan ön çalışmalarda partikül boyutu küçültülmüş posalardan daha iyi sonuçlar alınması sebebi ile tekrar kahve öğütücünden çekilerek elekten geçirilmiştir.



Şekil 3.4. Güneş kolektörlü kurutucuda kurutulan aronya posası tozu

Aronya posası tozu katkılı set tipi probiyotik yoğurt üretimi, klasik yoğurt kültürü olan YC-350 (Chr. Hansen (Denmark), *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, 1:1 oran, DVS kültür, 20g/500lt süt) ve *Lactobacillus acidophilus* La5 (Chr. Hansen (Denmark), DVS kültür, 25g/250lt süt için 10^7 koloni için) probiyotik kültürü kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Üretimde kullanılan manda sütü, Trakya Bölgesi'ndeki yerel bir üreticiden temin edilmiştir. Üretimde kullanılan sütün pH değeri 6.59, kuru maddesi %17.82, yağ içeriği ise %5.72'dir. Süt, 85°C'de 15 dakika boyunca pastörize edildikten sonra 45°C'ye soğutulmuş ve ardından YC350 yoğurt kültürü ve La5 (*Lactobacillus acidophilus* LA-5) probiyotik kültürü ile inoküle edilmiştir. Üretim denemeleri kapsamında, daha önce

belirlenen oranlarda (1 g, 2 g ve 3 g/100 mL süt) tartılan aronya posası tozları, steril 100 mL'lik numune kaplarına alınmış ve her kaba 100 mL inoküle edilmiş manda sütü ilave edilmiştir. Numune kapları, 43°C'de (EN 120, Nüve AŞ, Ankara) kapakları açık şekilde inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon süresince pH değerleri takip edilmiştir. Örneklerin pH değeri 4.6 seviyesine ulaştığında fermentasyon sonlandırılmış, kaplar 1 saat oda sıcaklığında bekletilmiş ve ardından kapakları kapatılarak buzdolabı koşullarında depolanmıştır. Tüm örnekler, üretimin 1, 10 ve 21. günlerinde analiz edilmiş ve her analiz noktası iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5. Aronya posası katkılı manda yoğurtları

3.5. Manda Sütünde Yapılan Analizler

3.5.1. pH tayini ve toplam asitlik analizi

Süt örneklerinden 5 mL alınarak içerisine birkaç damla %1'lik fenolftalein çözeltisi (etanol içinde hazırlanmış) ilave edilmiştir. Daha sonra, 0.1 N sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile titre edilerek renk değişimi gözlemlenmiş ve sonuçlar laktik asit cinsinden (g/100 g) hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2007). pH ölçümleri ise cam elektrotlu dijital pH metre (Mettler Toledo FE20) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.5.2. Kuru madde tayini

Önceden sabit tartıma ulaştırılmış ve 105°C'de kurutulmuş kuru madde kaplarına, hassas teraziyle 5 g süt örneği tartılmıştır. Örnekler, 105°C'de etüvde sabit ağırlığa ulaşuncaya kadar kurutulmuş ve ardından desikatörde soğutulularak tekrar tartılmıştır. Ağırlık farkı üzerinden kuru madde yüzdesi hesaplanmıştır (Bradley ve ark., 1992).

3.5.3. Suda çözüdür kuru madde (SÇKM) tayini

Suda çözüdür kuru madde içeriği, el tipi dijital refraktometre (ATAGO Co. Ltd.) kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar % briks cinsinden ifade edilmiştir.

3.6. Aronya Katkılı Yoğurtta Yapılan Analizler

3.6.1. pH tayini ve toplam asitlik analizi

Yoğurtlarda titrasyon asitliği için iki farklı yöntem uygulanmıştır. 1. yöntemde, su tutma kapasitesi için santrifüjlenen örneklerin süpernatantından 5 mL alınmış, birkaç damla fenolftalein (etanolde %1'lik) damlatılıp, 0,1 N NaOH çözeltisi ile titrasyona tabi tutulmuştur. 2. Yöntemde, homojenize etmek için spatül ile karıştırılan örnekten 5g alınıp üzerine 5ml saf su ilave edilmiş, birkaç damla fenolftalein (etanolde %1'lik) damlatılıp, 0,1 N NaOH çözeltisi ile titrasyona tabi tutulmuştur. Sonuçlar "laktik asit" (g/100g) cinsinden hesaplanmıştır (Cemeroğlu 2007). pH değeri (Mettler Toledo FE20 marka) pH metre ile ölçölmüştür.

3.6.2. Kuru madde tayini

Sabit tartıma kadar 105°C'de bekletilip desikatörde 15-30 dk tutularak daraları alınan kuru madde kaplarına, 5g iyice karıştırılmış örnek alınarak, 105°C'de etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulmuştur. Örnekler desikatörde soğutulularak tartım yapılmış ve ağırlık kaybından kuru madde yüzdesi hesaplanmıştır (Bradley ve ark., 1992).

3.6.3. Serum ayrılması analizi

Yoğurtların serum ayrılması (sinerezis) miktarını belirlemek için, santrifüj tüplerine iyice karıştırılmış 10g yoğurt örneği tartılarak, yüksek devirli, soğutmalı santrifüjde (Sigma 3K30, Germany) 800 x g dönüş hızında 4°C'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Katı kısımdan ayrılan serum miktarı gram olarak tespit edilerek, sonuçlar yüzde olarak ifade edilmiştir (Demirkol ve Tarakçı, 2018).

3.6.4. Su tutma kapasitesi tayini

Su tutma kapasitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

Su tutma kapasitesi (%) = 100-Serum ayrılması (%)

3.6.5. Yoğurt örneklerinde ekstraksiyon

Örneklerden 2 g alıp üzerine 8 mL ekstraksiyon çözeltisi (%0.1 HCl içeren %80 metanol)’den ilave edilmiştir. 10 mL olan örnekler, 1 saat döner karıştırıcıda (Dragon Lab MX-RD-Pro, Malezya) karıştırılmış, 1 saatin sonunda 4500 rpm hızında santrifüj (Nüve NF 3000 R, Türkiye) edilmiştir. Üstte kalan sıvı kısmı kahverengi şişelere koyup, analizleri gerçekleştirilene kadar -20 °C dondurucuda muhafaza edilmiştir.

3.6.6. Toplam fenolik madde miktarı, fenolik madde içerik tayini, toplam antosiyanin miktarı ve antioksidan aktivite tayini

Yoğurt örneklerinde toplam fenolik madde miktarı, toplam antosiyanin miktarı ve antioksidan aktivite analizleri 3.3.6, 3.3.7. ve 3.3.8’de anlatılan prosedüre göre yapılmıştır.

3.6.7. Laktik asit bakteri sayımı

Steril bir spatül vasıtasıyla homojen hale getirilen yoğurt örneğinden 3 g alınarak steril 100mL’lik numune kaplarına aktarılmış ve 27 mL steril pepton çözeltisi (1g/1000 mL saf su) eklendikten sonra kapağı kapatılan kaplar iyice çalkalanarak örnek homojenize edilmiştir. Kaptaki homojenattan 1 mL alınıp 9 mL’lik steril pepton çözeltisi içeren tüplere transfer edilerek seri dilüsyonlar gerçekleştirilmiştir. Uygun dilüsyonlardan 0,1mL alınarak yüzey yayma yöntemi ile besiyerlerine ekimler gerçekleştirilmiştir. MRS agar üzerinde, anaerobik ortamda 37°C’de 72 saatte inkübasyon sonucunda gelişen koloniler sayılarak sonuçlar belirlenmiştir

3.6.8. Renk analizi

Örneklerin L, a ve b değerleri Konika-Minolta cihazı ile belirlenerek Chroma ve hue değerleri de hesaplanmıştır.

3.6.9. Duyusal analiz

Yoğurt örnekleri spatül ile karıştırılmış ve şeffaf kaplarda, tek basamaklı sayılar ile rastgele kodlandıktan sonra panelistlere servis edilmiştir. 1. ve 10. günlerde, yoğurtların duyu özellikleri görünüm, kıvam, koku, tat, ağızda bıraktığı his ve genel beğeni kategorilerinde 9 puanlık hedonik bir skala üzerinden değerlendirme yapılmıştır.

DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU				
Değerlendirme Tarihi:				
Panelist Adı:				
Lütfen aşağıdaki özellikleri her numune için 1'den 9'a kadar puanlayınız. (1 = En düşük, 9 = En yüksek).				
Özellikler	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
1. Görünüm (Açıklık, homojenlik, parlaklık, partiküller)	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
2. Kıvam (Yoğunluk, kaşıktan akma, homojenlik)	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
3. Koku (Taze süt kokusu, ekşilik, istenmeyen kokular)	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
4. Tat (Denge, ekşilik, tatlılık, yan tatlar)	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
5. Ağızda Bıraktığı His (Kremamsı, pürüzsüzlük, ağızda dağılım)	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
6. Genel Beğeni (Genel olarak ne kadar beğendiniz?)	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
Ekstra Yorumlar:				
Numune 1: _____				
Numune 2: _____				
Numune 3: _____				
Numune 4: _____				

Şekil 3.6. Duyusal analiz formu

3.6.10. İstatistiksel Analiz

Analizler sonucunda elde edilen verilerin istatistik analizi SPSS 20 paket programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA modeli) ile incelenmiştir. Gruplar arasında önemli farklılıkların analizinde Tukey karşılaştırma analizi kullanılmış ve alfa değeri 0.05 alınmıştır. Tüm sonuçlar iki tekerrürün ortalamasını temsil etmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Yaş Posaya Ait Bulgular

Çizelge 4.1’de verilen yaş aronya posasının fizikokimyasal özellikleri incelendiğinde, posanın yüksek su aktivitesi (a_w : 0.97 ± 0) dikkat çekmektedir. Bu değer, posanın nem içeriğinin oldukça yüksek olduğunu ve mikroorganizma aktivitesi için uygun bir ortam sağlayabileceğini göstermektedir. Bu nedenle yaş posanın depolanması ve işlenmesinde mikrobiyolojik bozulmayı önlemek için uygun koşulların sağlanması önemlidir.

Çizelge 4.1. Yaş aronya posasının fizikokimyasal özellikleri (Ortalama $\pm$ SD)

Örnek	a_w	KM (%)	Kül (%)	pH	TA (%)
Yaş posa	0.97 ± 0	40.48 ± 1.04	0.6 ± 0.07	3.86 ± 0.02	0.69 ± 0.06

Kuru madde oranı $\%40.48 \pm 1.04$ ile posanın önemli oranda su içerdiğini doğrulamaktadır. Bu da yaş posanın yüksek su aktivitesi ile uyumludur ve işlenmeden önce kurutma işlemi gerekliliğini destekler. Kül içeriği $\%0.6 \pm 0.07$ olarak ölçülmüş olup, posanın mineral içeriğine dair bilgi vermektedir. Bu oran genellikle meyve posalarında beklenen aralıktadır ve mineral zenginliği hakkında ön bilgi sunar. Koç ve ark. (2023) tarafından yürütülen çalışmada, kullanılan aronya posasının kuru madde içeriği $\%47.11$ olarak belirlenmiştir. Saracila ve ark. (2024)’nın çalışmasında, $\%94.9$ kuru madde içeriğine sahip aronya posasının, $\%2.41$ kül içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

pH değeri 3.86 ± 0.02 ile posanın asidik bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu asidik ortam, posanın mikrobiyal stabilitesi açısından olumlu bir faktör olabilir ancak bazı fermentasyon süreçlerinde etkileri değerlendirilmelidir. Toplam asitlik $\%0.69 \pm 0.06$ olarak düşük seviyede bulunmuş, posanın tat ve koruma özelliklerine katkı sağlayabilecek hafif bir asitlik taşıdığını göstermektedir. Karşılaştırmalı olarak, Koç ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada, kullanılan aronya posasının pH değeri 4.14 olarak raporlanmıştır. Öte yandan, Yuan ve ark. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, aronya püresinin sitrik asit cinsinden titrasyon asitliği $\%0.818$ ve pH değeri 3.68 olarak tespit edilmiştir. Bu veriler, farklı posaların ve işleme yöntemlerinin pH ve toplam asitlik üzerinde belirgin etkiler yaratabileceğini göstermektedir.

Özetle, yaş aronya posası yüksek nem içeriği nedeniyle kısa sürede bozulmaya yatkındır ve etkin kurutma ve saklama yöntemleri ile stabil hale getirilmelidir. Hafif asidik pH ve düşük toplam asitlik, posanın fermente ürünlerde kullanım potansiyelini olumlu yönde etkileyebilir.

4.2. Farklı Yöntemlerle Kurutulan Aronya Posasına Ait Bulgular

4.2.1 Aronya posası tozunun fizikokimyasal özellikleri

Çizelge 4.2. Kurutma yöntemlerinin aronya posası tozunun fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi

Örnek	pH	TA (%)	KM (%)	Kül (%)	aw
DT	3.89 ± 0a	2.10 ± 0.22a	94.46 ± 0.18b	2.21 ± 0.02a	0.35 ± 0.01a
ETV	3.72 ± 0ab	2.14 ± 0.00a	96.07 ± 0.14a	2.21 ± 0.04a	0.28 ± 0.01b
GK	3.91 ± 0a	1.79 ± 0.04a	94.25 ± 0.47b	2.25 ± 0.03a	0.36 ± 0.02a

^{a-b}Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). DT: Döner tepsili kurutucu, ETV: Etüvde kurutma, GK: Güneş kolektörlü kurutma

Çizelge 4.2’de sunulan aronya posası tozu örneklerinin fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. pH değerleri açısından DT (3.89 ± 0), ETV (3.72 ± 0.01) ve GK (3.91 ± 0) örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (p>0.05). Toplam asitlik (TA %) bakımından da örnekler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0.05), bu da asitlik oranlarının benzer olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Toliç ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada aronya meyvesi tozunun pH değeri 4.02, aronya posası tozunun pH değeri 4.13 olarak belirlenmiş; titrasyon asitliği ise sitrik asit cinsinden aronya meyvesi tozunda %2.30, aronya posası tozunda %2.17 olarak ölçülmüştür. Bu bulgular, aronya ürünlerinin pH ve asitlik değerlerinin birbirine yakın olduğunu ve yoğurt üretiminde posanın kullanımının ürünün kimyasal ve mikrobiyal özellikleri üzerinde belirgin değişiklikler yaratmadan katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Kuru madde (KM %) değerlerinde ETV örneği (%96.07 ± 0.14), DT (%94.46 ± 0.18) ve GK (%94.25 ± 0.47) örneklerine göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur (p<0.05). Bu sonuç, ETV örneğinin diğer örneklere göre daha konsantre ve düşük nem içeriğine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Kül içeriği bakımından ise DT, ETV ve GK örnekleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (p> 0.05) ve mineral madde

oranları benzer düzeydedir. Kül içeriği, temel mineralleri yansıttığı için hem besin değerinin hem de ürünün fonksiyonel özelliklerinin değerlendirilmesinde önemli bir parametredir. Kül içeriğinin benzerliği ise tüm örneklerin mineral açısından karşılaştırılabilir olduğunu göstererek, ürünlerin besin değeri açısından homojenlik sağladığını ve fonksiyonel özellikler bakımından dengeli olduğunu düşündürmektedir. Literatür bulguları da bu sonuçları desteklemektedir. Andrade ve ark. (2021), dondurarak kurutulmuş aronya posasındaki kuru madde içeriğinin %94,4 civarında olduğunu tespit etmişlerdir. Tolic ve ark. (2015) ise aronya meyvesi tozunda kuru madde miktarını %91.82, aronya posası tozunda %90.44 olarak bildirmiştir. Bu değerler, çalışmamızdaki ETV örneği hariç tüm örneklerin kuru madde içeriklerinin literatürle uyumlu olduğunu göstermektedir. Bakır (2019) tarafından yapılan çalışmada ise aronya meyvesinin kül içeriği %0.43, aronya tozunda ise %1.94 olarak belirlenmiş olup, çalışmamızdaki benzer kül içeriği değerleri, kullanılan örneklerin mineral kompozisyonunun literatürde bildirilen aralıklarla uyumlu olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda, su aktivitesi (a_w) parametresi açısından ETV örneği (0.28 ± 0.01), DT (0.35 ± 0.01) ve GK (0.36 ± 0.02) örneklerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Daha düşük su aktivitesi, ETV örneğinin mikrobiyal büyüme ve bozulma riskine karşı daha dirençli olduğunu ve dolayısıyla ürünün raf ömrü açısından avantaj sağladığını göstermektedir. Benzer şekilde, Metiner ve Ersus (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, aronya meyvesi farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş ve su aktivitesi değerleri 0.6'nın altında olduğu için mikrobiyolojik açıdan güvenli kabul edilmiş ve uzun süre zarar görmeden muhafaza edilebileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, uygulanan kurutma yöntemine bağlı olarak kurutulmuş meyvelerin su aktivitesi değerlerinin 0.172 ile 0.327 arasında değiştiği belirlenmiş ve en düşük su aktivitesi dondurarak kurutma uygulanan aronya meyvesinde saptanmıştır. Bu bulgular, çalışmamızdaki değerler ile uyumlu olup, posaların fermente süt ürünlerinde mikrobiyal stabiliteyi artırma ve raf ömrünü uzatma potansiyeline sahip olduğunu desteklemektedir.

Genel olarak, Çizelge 4.2'deki veriler aronya posası tozu örnekleri arasında bazı fizikokimyasal farklılıklar olduğunu ortaya koymakta olup, özellikle ETV örneğinin kuru madde ve su aktivitesi açısından diğerlerinden belirgin şekilde ayrıldığı görülmektedir.

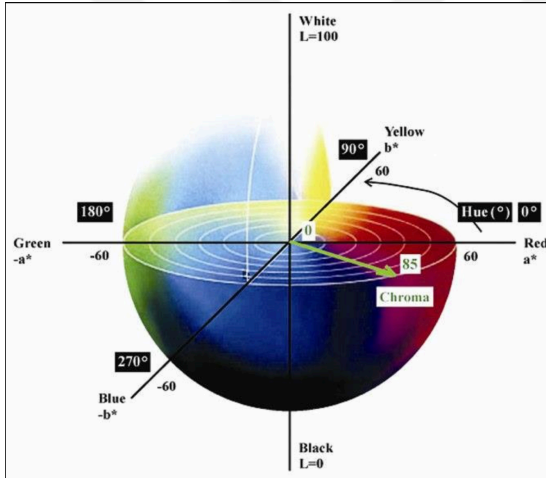
4.2.2. Aronya posası tozunun renk değerleri

Çizelge 4.3'te aronya posası tozu örneklerine ait renk parametreleri (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) sunulmuştur. Renk değerleri, kurutma yöntemine bağlı olarak örnekler arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar göstermektedir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3. Kurutma yöntemlerinin aronya posası tozunun renk değerleri üzerine etkisi

Örnek	L^*	a^*	b^*	C^*	h
DT	$31.36 \pm 0.39b$	$9.65 \pm 0.27b$	$2.55 \pm 0.13b$	$9.98 \pm 0.3b$	$14.76 \pm 0.29b$
ETV	$32.57 \pm 0.24a$	$8.65 \pm 0.1c$	$3.71 \pm 0.14a$	$9.39 \pm 0.14b$	$22.82 \pm 0.41a$
GK	$32.56 \pm 0.3a$	$11.18 \pm 0.18a$	$2.51 \pm 0.14b$	$11.46 \pm 0.21a$	$12.64 \pm 0.48c$

^{a-c}Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0.05$). DT: Döner tepsili kurutucu, ETV: Etüvde kurutma, GK: Güneş kolektörlü kurutma



Şekil 4.1. Lab renk skalası



Şekil 4.2. Farklı yöntemlerle kurutulan aronya posası tozları

L^* (açıklık) değerine göre, ETV (32.57 ± 0.24) ve GK (32.56 ± 0.30) örnekleri, DT örneğine (31.36 ± 0.39) kıyasla anlamlı şekilde daha yüksek açıklık değerine sahip olup,

daha açık renkte olduklarını göstermektedir. Bu durum, DT örneğinin daha koyu bir renk tonuna sahip olduğunu göstermektedir.

a* değeri (kırmızılık) bakımından en yüksek değere GK örneği (11.18 ± 0.18) sahip olup, bu değeri DT (9.65 ± 0.27) ve ETV (8.65 ± 0.10) takip etmektedir. Örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$) ve GK örneği daha belirgin kırmızı tonuna sahiptir.

b* (sarılık) değeri açısından ETV örneği (3.71 ± 0.14), DT (2.55 ± 0.13) ve GK (2.51 ± 0.14) örneklerinden anlamlı şekilde daha yüksek sarılık değeri göstermektedir. Bu da ETV yönteminin sarı tonları artırma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

C* (chroma/kromatiklik/canlılık) değeri, GK örneğinde (11.46 ± 0.21) en yüksek bulunmuş, DT (9.98 ± 0.30) ve ETV (9.39 ± 0.14) örneklerine göre anlamlı farklılık göstermiştir. Bu durum, GK yönteminin daha canlı ve doymuş renkte ürün elde etmeye olanak sağladığını göstermektedir.

h° (ton açısı) değeri bakımından ise örnekler arasında belirgin farklılıklar saptanmıştır. ETV örneği (22.82 ± 0.41), daha yüksek ton açısına sahip olup daha sarımsı kırmızı tonlara işaret ederken; GK örneği (12.64 ± 0.48), daha düşük ton açısıyla daha morumsu kırmızı bir renk tonuna sahiptir. DT örneği (14.76 ± 0.29) ise ara bir konumda yer almaktadır.

Sonuç olarak, renk değerleri kurutma yöntemine bağlı olarak önemli düzeyde farklılık göstermiştir. Güneş kolektörlü kurutma (GK) yöntemi daha kırmızı ve canlı bir ürün ortaya koyarken, etüv kurutma (ETV) yöntemi daha açık ve sarı tonlara sahip bir ürün vermiştir. Döner tepsili kurutucu (DT) ise daha koyu ve düşük ton açısına sahip örnek üretmiştir.

Çalışmamızda, ETV ve GK örnekleri DT örneğine kıyasla daha yüksek L* değerine sahip olup, daha açık renk tonları göstermiştir. GK örneği en yüksek a* ve C* değerleri ile belirgin kırmızı tonunu, ETV örneği ise b* ve h° değerleri ile daha sarımsı tonları ortaya koymuştur. Bu bulgular, Metiner ve Ersus (2023) tarafından yapılan çalışmadaki sonuçlarla uyumludur; dondurarak kurutulan aronya meyveleri en açık L* değerini ve en

canlı renk tonlarını sergilerken, diğer kurutma yöntemlerinde renk canlılığı daha düşük bulunmuştur. Ghendov-Mosanu ve ark. (2022) aronya meyvesi tozunda 30.21 L değeri, 34.72 a değeri, 9.46 b değerlerini rapor ederek ürünün orta düzeyde açıklığa ve canlı kırmızı-sarı tonlara sahip olduğunu göstermiştir. Taşkın (2020) ise dondurularak kurutulmuş aronya püresinde 12 L değeri, 11.85 a değeri, 3.94 b değerleri tespit etmiş, bu değerlerin daha koyu, daha az canlı bir renk sergilediği belirtilmiştir.

Bu karşılaştırmalar, işleme ve kurutma yöntemlerinin aronya ürünlerinin renk profilini belirgin şekilde etkilediğini göstermektedir. Çalışmamızdaki ETV ve GK örneklerinin renk profilleri, literatürde bildirilen sonuçlarla uyumlu olup, işleme yöntemlerinin renk ve görsellik üzerinde belirleyici rol oynadığını desteklemektedir.

4.2.3. Aronya posası tozunun biyoaktif bileşimi

Çizelge 4.4'te farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen aronya posası tozlarının toplam antosiyanin içeriği, toplam fenolik madde (TFM) içeriği ve DPPH radikal süpürme kapasitesine (antioksidan aktivite) ait sonuçlar verilmiştir. Veriler, örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğunu göstermektedir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.4. Kurutma yöntemlerinin aronya posası tozunun biyoaktif bileşimi üzerine etkisi

Örnek	antosiyenin (mg CGE/g)	TFM (mg GAE/g)	DPPH (mM troluks/g)
DT	6.63 ± 0.3b	43.11 ± 0.72a	33.46 ± 9.84b
ETV	1.71 ± 0.03c	31.83 ± 1.12b	38.76 ± 3.9b
GK	8.40 ± 0.37a	40.54 ± 2.25a	73.05 ± 0.50a

^{a-c}Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0.05$). DT: Döner tepsili kurutucu, ETV: Etüvde kurutma, GK: Güneş kolektörlü kurutma

Toplam antosiyanin içeriği bakımından en yüksek değer GK örneğinde (8.40 ± 0.37 mg/g), en düşük değer ise ETV örneğinde (1.71 ± 0.03 mg/g) gözlenmiştir. DT örneği 6.63 ± 0.30 mg/g ile orta düzeyde bir antosiyanin içeriğine sahiptir. Örnekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı olup, GK yöntemi antosiyaninlerin korunması açısından en avantajlı yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu bulgu, kullanılan işleme yöntemlerinin antosiyanin stabilitesi üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir.

Literatür verileri, çalışmamızdaki sonuçlarla genel olarak uyumludur. Andrade ve ark. (2021) siyah aronya posasında toplam monomerik antosiyanin içeriğini 48.6 ± 0.4 mg CGE/g kuru madde olarak tespit etmiş, Bakır (2019) aronya meyvesinde toplam antosiyanin miktarını 1658.81 mg CyE/100 g¹, aronya tozunda ise 589.63 mg CyE/100 g olarak bildirmiştir. Ghendov-Mosanu ve ark. (2022) aronya meyvesi tozunda toplam antosiyanin içeriğini 412mg CGE/100 g kuru madde, Toliç ve ark. (2015) ise aronya meyvesi tozunda 1576 mg CGE/100 g ve aronya posası tozunda 1165 mg CGE/100 g olarak rapor etmişlerdir. Bu karşılaştırmalar, antosiyanin içeriğinin kullanılan örnek türü, işleme ve kurutma yöntemine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Çalışmamızda GK yönteminin en yüksek antosiyanin içeriğini sağlaması, bu yöntemin fenolik bileşenlerin korunmasında daha etkin olduğunu ve fonksiyonel özellikleri yüksek ürünler elde etmede avantaj sağlayabileceğini desteklemektedir.

Toplam fenolik madde (TFM) içeriği açısından DT ve GK örnekleri arasında anlamlı fark bulunmazken (sırasıyla 43.11 ± 0.72 ve 40.54 ± 2.25 mg GAE/g), her iki örnek de ETV örneğine (31.83 ± 1.12 mg GAE/g) göre anlamlı düzeyde daha yüksek fenolik içeriğe sahiptir ($p < 0.05$). Bu durum, etüvde kurutma işleminin bazı fenolik bileşiklerin parçalanmasına veya kaybına neden olabileceğini düşündürmektedir. Literatürde de aronya meyvesi ve posasının fenolik bileşikler bakımından oldukça zengin bir kaynak olduğu ve uygulanan işleme yöntemlerine bağlı olarak fenolik içerik düzeylerinde değişiklikler gözlemlendiği bildirilmektedir. Özellikle farklı kurutma yöntemlerinin fenolik bileşiklerin korunmasında ya da kaybında belirleyici rol oynadığı çeşitli çalışmalar tarafından vurgulanmıştır (Oszmiański ve Wojdyło, 2005; Bakır, 2019; Tolic ve ark., 2015). Bu açıdan bakıldığında, elde ettiğimiz sonuçların literatürdeki bulgularla uyumlu olduğu ve aronya ürünlerinde uygulanan kurutma yönteminin fenolik madde düzeylerini önemli ölçüde etkileyebileceğini desteklediği söylenebilir.

DPPH radikal süpürme kapasitesi (antioksidan aktivite) bakımından GK örneği, 73.05 ± 0.50 mM trolox/g değeriyle diğer örneklerden istatistiksel olarak anlamlı biçimde daha yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. DT ve ETV örnekleri sırasıyla 33.46 ± 9.84 ve

¹ 1mg CyE (Siyanidin eşdeğeri), yaklaşık olarak 1.56 mg CGE değerine eşittir.

38.76 ± 3.90 mM trolox/g ile daha düşük değerlere sahiptir ve birbirlerinden anlamlı olarak farklı değildir (p>0.05). GK yönteminin antioksidan kapasiteyi en iyi koruyan yöntem olduğu sonucuna varılabilir. Literatürde, Oszmiański ve Wojdyło (2005), aronya posasındaki antioksidan aktiviteyi DPPH yöntemiyle 301.89 µM Trolox/100 g kuru madde olarak tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Bakır (2019) aronya meyvesinde DPPH antioksidan aktiviteyi 291.34 µmol Trolox/100 g, aronya tozunda ise 136.72 µmol Trolox/100 g olarak belirlemiştir. Ghendov-Mosanu ve ark. (2022) ise aronya meyvesi tozu ile yaptıkları çalışmada DPPH antioksidan aktiviteyi 191.66 mmol Trolox/100 g kuru madde olarak rapor etmişlerdir. Bu bulgular, aronya meyvesi ve posasının fermente süt ürünlerinde antioksidan kapasiteyi artırıcı potansiyelini desteklemektedir.

Sonuç olarak, kurutma yöntemi aronya posası tozunun biyoaktif bileşimi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Özellikle güneş kolektörlü kurutma (GK) yöntemi, antosiyanin, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite açısından en yüksek değerleri sağlamış ve biyoaktif bileşenlerin korunması açısından en etkili yöntem olarak öne çıkmıştır.

4.2.4. Aronya posası tozunun fenolik bileşen profili

Çizelge 4.5'te farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen aronya posası tozlarının fenolik bileşen içerikleri verilmiştir. Kurutma yöntemi, birçok fenolik bileşiğin miktarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklara neden olmuştur (p <0.05).

Gallik asit içeriği DT örneğinde en yüksek düzeyde (9.74 ± 0.08 mg/kg) bulunurken, ETV ve GK örneklerinde daha düşük ve benzer seviyelerdedir (sırasıyla 7.35 ± 0.14 ve 7.07 ± 0.42 mg/kg). 3,4-dihidroksibenzoik asit açısından ise ETV örneği çok belirgin şekilde daha yüksek içerik (653.4 ± 25.6 mg/kg) göstermiştir; DT ve GK örneklerinde bu bileşik sırasıyla 170.6 ± 10.9 ve 67.1 ± 32.9 mg/kg seviyelerinde ölçülmüştür. Bu fark, etüv kurutmanın bazı bileşiklerin salınımını veya dönüşümünü artırabileceğini düşündürmektedir. Kateşin içeriği örnekler arasında anlamlı fark göstermemiştir (p> 0.05), ancak en yüksek değer DT örneğinde (246.4 ± 17.0 mg/kg) saptanmıştır. Vanilik asit açısından ETV yöntemi 536 ± 117 mg/kg ile en yüksek değeri gösterirken, GK örneği en düşük içeriğe sahiptir (89.41 ± 2.15 mg/kg). Epikateşin miktarı da benzer şekilde ETV ile kurutulan örnekte en yüksek düzeydedir (388.21 ± 7.15 mg/kg), GK örneğinde ise

ciddi bir düşüş gözlenmiştir. Ferulik asit içeriği GK örneğinde belirgin şekilde yüksektir (80.6 ± 13.1 mg/kg) ve diğer iki yöntemle göre anlamlı farklılık göstermektedir. Bu durum, güneş kolektörlü kurutma yönteminin bu bileşiğin korunmasına katkı sağladığını göstermektedir. Trans-resveratrol içeriği ise GK yöntemiyle kurutulan örnekte en yüksek seviyede ölçülmüştür (1.86 ± 1.13 mg/kg), ETV örneği ise çok düşük bir değer (0.03 ± 0.01 mg/kg) göstermiştir. Bu da ışık ve sıcaklık faktörlerinin bu bileşiğin oluşumu ya da korunması üzerindeki etkilerine işaret edebilir. Rutin tri-hidrat açısından DT örneği en yüksek içeriği (454.3 ± 0.15 mg/kg) gösterirken, ETV ve GK örnekleri istatistiksel olarak benzer ama daha düşük değerlere sahiptir. Kuersetin içeriği bakımından ise ETV yöntemi 207.94 ± 0.35 mg/kg ile anlamlı şekilde öne çıkmaktadır.

Çizelge 4.5. Kurutma yöntemlerinin aronya posası tozunun fenolik bileşen profili üzerindeki etkisi

Bileşen (mg/kg)	DT	ETV	GK
gallik asit	$9.74 \pm 0.08a$	$7.35 \pm 0.14b$	$7.07 \pm 0.42b$
3-4 dehidroksi benzoik asit	$170.6 \pm 10.9b$	$653.4 \pm 25.6a$	$67.1 \pm 32.9c$
kateşin	$246.4 \pm 17.0a$	$217.9 \pm 14.3a$	$208.1 \pm 21.0a$
vanilik asit	$212.7 \pm 30.3b$	$536 \pm 117a$	$89.41 \pm 2.15c$
epikateşin	$251.4 \pm 34.6b$	$388.21 \pm 7.15a$	$117.3 \pm 33.5c$
ferulik asit	$17.57 \pm 0.75b$	$8.16 \pm 0.54c$	$80.6 \pm 13.10a$
t-resveratrol	$0.51 \pm 0.14b$	$0.03 \pm 0.01b$	$1.86 \pm 1.13a$
rutin tri-hidrat	$454.3 \pm 0.15a$	$295.01 \pm 7.55b$	$313.3 \pm 11.70b$
kuersetin	$86.99 \pm 4.99b$	$207.94 \pm 0.35a$	$72.25 \pm 3.20c$

^{a-c}Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0.05$).
DT: Döner tepsili kurutucu, ETV: Etüvde kurutma, GK: Güneş kolektörlü kurutma

Literatürde yapılan çalışmalar, aronya meyvesi ve türevlerinin fenolik bileşikler açısından oldukça zengin bir içerik sunduğunu ortaya koymaktadır. Bakır (2019), aronya meyvesi ve tozunda gallik asit, kateşin, vanilik asit, ferulik asit, rutin ve kuersetin gibi çeşitli fenolik bileşiklerin bulunduğunu rapor etmiştir. Benzer şekilde Ghendov-Mosanu ve ark. (2022), aronya meyvesi tozunda gallik asit, kateşin, vanilik asit, epikateşin, ferulik asit ve trans-resveratrol gibi bileşiklerin varlığını bildirmiştir. Oszmiański ve Wojdyło

(2005) da aronya meyvesinde benzer fenolik bileşiklerin tespit edildiğini ve bunların yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu bulgular, aronya meyvesi ve posasının fenolik bileşikler açısından önemli bir kaynak olduğunu göstermektedir. Bizim çalışmamızda da benzer fenolik bileşiklerin varlığı tespit edilmiş olup, sonuçlarımızın literatürdeki çalışmalarla uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Bu sonuçlar, kurutma yönteminin her bir fenolik bileşen üzerinde farklı etkilere sahip olduğunu ve kurutma koşullarının (sıcaklık, süre, hava sirkülasyonu, ışık) fenolik bileşenlerin korunumu veya dönüşümünü önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır. Güneş kolektörlü kurutma bazı bileşenler için avantajlı olurken, etüv kurutma özellikle bazı fenolik asitlerin ve flavonoidlerin miktarını artırabilmiştir. Ancak genel anlamda DT yöntemi, birçok bileşiği koruma açısından dengeli bir profil sunmuştur.

Biyoaktif bileşenler değerlendirildiğinde (Çizelge 4.4), GK örneği hem en yüksek antosiyanin içeriğine (8.40 mg/g) hem de en yüksek DPPH radikal süpürme kapasitesine (73.05 mM Trolox/g) sahip olmasıyla öne çıkmıştır. Bu durum, GK yönteminin genel antioksidan kapasiteyi korumada daha etkili olduğunu göstermektedir.

Ancak, fenolik bileşen düzeylerine bakıldığında (Çizelge 4.5), DT örnekleri birçok önemli bileşen (örneğin gallik asit, kateşin, rutin tri-hidrat) bakımından daha yüksek konsantrasyonlara sahiptir. Özellikle rutin (454.3mg /kg) ve gallik asit (9.74 mg/kg) içeriği bakımından DT yöntemi diğer yöntemlere göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Bu bulgular, döner tepsili kurutma yönteminin spesifik fenolik bileşenlerin korunmasında daha etkili olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, güneş kolektörlü kurutma yöntemi toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteyi artırırken, döner tepsili kurutma yöntemi ise spesifik fenolik bileşiklerin daha etkin korunmasını sağlamaktadır. Etüv yöntemi ise genel olarak daha düşük biyoaktif değerler göstermiştir. Bu farklılıklar, kurutma sırasında oluşan sıcaklık profili, havalandırma ve kuruma süresi gibi parametrelerle ilişkili olabilir. Dolayısıyla, aronya posasının fonksiyonel gıdalarda hedeflenen özelliklerine göre uygun kurutma yönteminin seçilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada güneş kolektörlü kurutma yöntemi ile elde edilen örneklerde toplam fenolik madde, antosiyanin ve antioksidan kapasite değerleri diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Ancak HPLC sonuçları bazı fenolik bileşenlerin daha düşük seviyelerde olduğunu göstermiştir. Bu durum, Folin-Ciocalteu yönteminin fenoliklerin yanı sıra indirgeme kapasitesi yüksek askorbik asit, şekerler ve Maillard reaksiyon ürünlerini de ölçmesinden ve kurutma sırasında bazı fenoliklerin parçalanmasından kaynaklanabilir. (Singleton & Rossi, 1965; Everette et al., 2010). Güneş kolektörlü kurutmada düşük sıcaklık ve daha az oksidatif stres koşulları özellikle antosiyanin gibi ısıya duyarlı bileşenlerin korunmasına katkı sağlamış olabilir.

Kurutma yöntemi seçiminde toplam fenolik madde ve genel antioksidan kapasite değerleri esas alınmıştır, çünkü bu parametreler ürünün fonksiyonel kalitesini tüketici açısından daha iyi yansıtmaktadır. Döner tepsili kurutma fenolik çeşitliliğin korunmasında nispeten daha dengeli bir profil sunarken, etüv kurutma bazı tekil fenoliklerde yüksek değerler sağlamış ancak toplam biyolojik kapasite ve antosiyanin miktarı bakımından dezavantajlı bulunmuştur. Bu nedenle çalışmada, fonksiyonel kaliteyi daha iyi yansıtan toplam fenolik ve antioksidan kapasite sonuçları dikkate alınarak güneş kolektörlü kurutma yöntemi tercih edilmiştir.

Sonuç olarak, güneş kolektörlü kurutma hem toplam fenolik içerik hem de antioksidan kapasite açısından avantajlı bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Fenolik profilin çeşitliliği ise ileride yapılacak araştırmalarda daha ayrıntılı şekilde değerlendirilebilecek tamamlayıcı bir parametre olarak görülmektedir.

4.3. Aronya Posası Tozu Katkılı Yoğurtlara Ait Bulgular

4.3.1. Kuru madde miktarı

Aronya posası tozu ilavesinin yoğurtların kuru madde miktarları üzerindeki etkisi Çizelge 4.6'da verilmiştir. Kontrol grubu (K) 15.67 ± 1.63 ile en düşük kuru madde içeriğine sahipken, en yüksek değer 18.51 ± 0.25 ile C örneğinde gözlenmiştir. Aronya posası tozu miktarının artışı ile kuru madde miktarında da istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir ($p < 0.05$). Bu durum, katkı maddesi olarak ilave edilen aronya posasının

yüksek kuru madde içeriğine sahip olması ve yoğurttaki toplam katı madde oranını artırmasıyla ilişkilendirilebilir.

Çizelge 4.6. Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin kuru madde miktarları

Örnek	KM (%)
K	15.67 ± 1.63d
A	16.53 ± 0.77c
B	17.46 ± 0.26b
C	18.51 ± 0.25a

^{a-d}Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Akbal ve ark. (2025) manda yoğurdu ile yaptıkları çalışmada benzer kuru madde içeriği tespit etmişler, Atwaa ve ark. (2020) düşük yağlı manda yoğurtlarında mango posası tozu ilavesinin kuru madde miktarını artırdığını, ancak bu artışın tam yağlı kontrol örneklerindeki seviyeye ulaşmadığını bildirmişlerdir. Bu bulgular, farklı meyve posalarının yoğurtlarda kuru madde miktarını yükseltebildiğini ve ürünün besinsel yoğunluğunu artırabildiğini göstermektedir. Dolayısıyla, çalışmamızda elde edilen sonuçların literatürde rapor edilen bulgularla uyumlu olduğu söylenebilir.

4.3.2. pH değeri

Çizelge 4.7. Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin pH değerleri

Örnek	Depolama (gün)		
	1	10	21
K	4.14 ± 0Aa	4.04 ± 0.01Ba	4.04 ± 0Ba
A	4.18 ± 0.03Aa	4.08 ± 0.01Ba	4.08 ± 0.01Ba
B	4.13 ± 0.01Aa	4.09 ± 0.01ABa	4.05 ± 0.01Ba
C	4.14 ± 0.01Aa	4.1 ± 0.02ABa	4.08 ± 0.01Ba

^{A-B}Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-a}aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Aronya posası tozu ilavesinin yoğurt örneklerinin pH değerleri üzerine etkisi ve bu değerlerin depolama süresince değişimi Çizelge 4.7'de verilmiştir. Tüm örneklerde başlangıç pH değerleri birbirine oldukça yakın olup 4.13–4.18 aralığında ölçülmüştür.

Depolama süresinin ilerlemesiyle birlikte tüm örneklerde pH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) bir düşüş gözlenmiştir. Bu durum, depolama süresince laktik asit bakterilerinin aktivitesine bağlı olarak asitliğin artmasıyla açıklanabilir. Literatürde, manda yoğurdunun depolama süresi boyunca pH düşüşünü destekleyen çalışmalar mevcuttur (Akbal ve ark., 2025; Akgün ve ark., 2016; Dimitrellou ve ark., 2020).

Örnekler arasında aynı gün içerisindeki pH değerleri karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu da aronya posası tozu ilavesinin pH üzerinde doğrudan bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Ancak zamanla yaşanan düşüş, yoğurt olgunlaşmasının ve mikrobiyolojik faaliyetlerin doğal bir sonucu olarak değerlendirilmektedir. Literatürde de benzer bulgular rapor edilmiştir. Dimitrellou ve ark. (2020), aronya suyu katkılı yoğurtlarda meyve suyu ilavesinin pH üzerinde büyük bir etkisi olmadığını, ancak depolama boyunca anlamlı düşüş gösterdiğini belirtmişlerdir. Öte yandan, meyve posası miktarına bağlı değişimlerde farklı eğilimler gözlemlenmiştir. Atwaa ve ark. (2020), mango posası tozu ilavesi arttıkça yoğurtlarda pH değerinde daha belirgin bir düşüş olduğunu, benzer şekilde Pădureț ve ark. (2024) de aronya meyvesi, suyu ve posasının farklı oranlarda yoğurda ilave edilmesiyle elde edilen yoğurtlarda, posa oranı arttıkça pH'nın düştüğünü bildirmişlerdir. Bu bulgular, bizim çalışmamızda gözlenen pH değişimlerinin literatürle uyumlu olduğunu ve katkı maddesi türü ile miktarının pH üzerinde belirli etkiler gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

4.3.3. Titrasyon asitliği

Çizelge 4.8a. Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği (%) değerleri (1.yöntem)

Örnek	Depolama (gün)		
	1	10	21
K	1.15 ± 0.02Bab	1.22 ± 0Ab	1.18 ± 0.01ABb
A	1.24 ± 0.07Aa	1.21 ± 0Ab	1.22 ± 0.01Ab
B	1.29 ± 0.01Aa	1.2 ± 0.03ABb	1.18 ± 0.01Bb
C	1.24 ± 0.02Ba	1.34 ± 0.01Aa	1.27 ± 0.01ABa

^{A-C}Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-b}aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Çizelge 4.8b. Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği (%) değerleri (2.yöntem)

Örnek	Depolama (gün)		
	1	10	21
K	1.63 ± 0.01Cd	1.67 ± 0.01Bb	1.71 ± 0Ab
A	1.73 ± 0.02Ac	1.7 ± 0.04Ab	1.74 ± 0.01Ab
B	1.89 ± 0.02ABb	1.96 ± 0.02Aa	1.81 ± 0.04ABab
C	1.97 ± 0.01Aa	1.96 ± 0.04Aa	1.94 ± 0.04Aa

^{A-C}Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-b}aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği değerleri ve depolama süresince değişimleri Çizelge 4.8a ve Çizelge 4.8b’de verilmiştir.

Çizelge 4.8a’da elde edilen sonuçlara göre, yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği %1.15 ile %1.34 arasında değişmiştir. Kontrol grubunda değerler büyük ölçüde sabit kalırken, özellikle C örneğinde depolama süresince daha yüksek ve istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmiştir (p<0.05).

Çizelge 4.8b’deki sonuçlara göre yoğurt örneklerinin titrasyon asitliği %1.63 ile %1.97 arasında değişmiştir. Posa oranının artması ile asitliğin arttığı gözlenmiştir. Kontrol grubunda (K) depolama süresi ilerledikçe asitlik değerleri sınırlı bir artış göstermiştir. %1 aronya posası katkılı yoğurt (A) depolama boyunca kontrolle benzer seviyelerde kalırken, %2 ve %3 posa katkılı örnekler (B ve C) daha yüksek asitlik değerleriyle öne çıkmıştır. Özellikle C grubunda tüm depolama süresi boyunca en yüksek asitlik değerleri kaydedilmiş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05). Bu sonuçlar, aronya posası katkı oranı arttıkça yoğurtlarda asitlik gelişiminin belirgin şekilde yükseldiğini göstermektedir.

Literatürde de benzer dinamik değişimler rapor edilmiştir. Akgün ve ark. (2016), %6 yağlı manda yoğurdu örneklerinde depolama süresince titrasyon asitliğinin yükseldiğini bildirmiştir. Dimitrellou ve ark. (2020), aronya suyu katkılı yoğurtlarda ve kontrol örneklerde depolama süresince titrasyon asitliğinin değişkenlik gösterdiğini ve katkı maddesinin asitlik üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu belirtmişlerdir. Atwaa ve ark. (2020), mango posası tozu katkılı yoğurtlarda depolama boyunca asitlikte hafif bir artış

gözlemlerken, kontrol örneklerinde daha belirgin bir yükselme kaydetmişlerdir. Akbal ve ark. (2025) de depolamanın 14. gününe kadar asitlik artışı gözlemlemiş, ancak 28. günde tüm numunelerin asitlik değerleri başlangıç seviyelerine yakın olarak ölçülmüştür.. *Lactobacillus acidophilus*, probiyotik suşu ilaveli manda yoğurdunda ise 1, 14., 21.gün titrasyon asitliği değerleri (%) sırası ile 1.07, 1.22 ve 0.99 olarak değişkenlik göstermiştir. Bu bulgular, yoğurtlarda depolama süresince asitlik değişimlerinin dinamik ve zamanla dengelenen bir süreç olduğunu, mikrobiyal faaliyet ve fermantasyonun bu değişimi etkileyen başlıca faktörler olduğunu göstermektedir. Literatürde titrasyon asitliğinde %0.25-2.80, %0.83-2.03 arasında değişen değerler kaydedilmiştir (Akalan, 2011). Sardar ve ark. (2024)'nın kırmızı dut tozu katkılı manda yoğurdu ile yaptıkları çalışmada 1.56 ± 1.22 aralığına titrasyon asitliği değerleri gözlenmiştir. Yoğurt serumunda titrasyon asitliği %1.05-1.25, tortudaki asitliği %0.41-0.54 değerleri arasında tespit edilmiştir (Karastamatis ve ark., 2022).

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne (Tebliğ No: 2022/44) göre ise bu değer en az %0,6 olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen asitlik değerleri, bu tebliğe uygunluk göstermiştir.

Aronya posası katkılı yoğurtlarda depolama süresince asitlik değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemesi, posanın içerdiği lif, fenolik ve organik bileşikler ile mikrobiyal aktivitenin birlikte etkisiyle açıklanabilir. Yüksek lif içeriği su tutma kapasitesini artırarak üretilen asidin yoğurt matrisinde daha dengeli dağılmasına katkı sağlarken, fenolik bileşikler laktik asit bakterilerinin metabolik aktivitesini sınırlayarak asit üretimini hafifçe baskılayabilir. Ayrıca posanın içerdiği organik asitler nedeniyle katkılı örnekler başlangıçta kontrol grubuna göre daha yüksek asitlik değerlerine sahip olmuş olabilir. Bu etkenlerin birleşimi, depolama boyunca katkılı örneklerin asitlik değerlerinin büyük ölçüde sabit kalmasına yol açmıştır. Manda yoğurdu daha yüksek kuru madde ve yağ içeriğine sahip olduğu için, fermantasyon sırasında laktik asit bakterilerinin faaliyetleriyle asitlik biraz daha yüksek seyredebilir.

4.3.4. Serum ayrılması (sinerezis)

Çizelge 4.9. Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin serum ayrılması (%)

Örnek	Depolama (gün)		
	1	10	21
K	26.99 ± 2.59Ab	25.84 ± 0.53Ab	17.58 ± 0.32Bb
A	29.84 ± 0.12Aab	30.37 ± 0.19Aa	23.56 ± 0.78Ba
B	34.73 ± 0.18Aa	30.01 ± 1.06Ba	22.71 ± 0.36Ca
C	34.65 ± 0.01Aa	31.74 ± 1.29Aa	25.57 ± 0.67Ba

^{A-C}Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-b}aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin depolama süresince serum ayrılması değerleri Çizelge 4.9’da sunulmuştur. Başlangıçta, tüm katkılı örneklerde (A, B, C) serum ayrılması, kontrol grubuna (K) kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Özellikle %2 (B) ve %3 (C) posa katkılı örnekler sırasıyla 34.73 ± 0.18 ve $34.65 \pm 0.01\%$ ile en yüksek değerleri göstermiştir.

Çalışmamızda aronya posası tozu miktarının artmasıyla birlikte yoğurt örneklerinde serum ayrılmasının da arttığı gözlenmiştir. Serum ayrılmasının artması, genellikle yoğurdun yapısal bütünlüğünün zayıflaması ve su tutma kapasitesinin azalması anlamına gelir. Bu bulgu, posanın yoğurt yapısına katkısının beklenenin aksine, özellikle yüksek dozlarda (%2 ve %3) suyun serbestleşmesine neden olduğunu düşündürmektedir.

Depolama süresi boyunca ise serum ayrılma oranları genel olarak tüm örneklerde azalma göstermiştir. Bu azalma, yoğurt yapısında zamanla meydana gelen olgunlaşma ve protein matriksinin güçlenmesine bağlı olabilir. Ancak, posanın yüksek oranlarda ilavesi durumunda bile serum ayrılması kontrol grubuna göre daha yüksek kalmaya devam etmiştir. Bu da posanın yapısal stabilite üzerindeki olumsuz etkisinin depolama süresiyle tam olarak telafi edilemediğini göstermektedir.

Bu durumun posa partiküllerinin yoğurt matrisinde homojen dağılmaması veya agregat oluşturması, böylece su bağlama yerlerini kısıtlaması, posa bileşenlerinin yoğurt proteinleri ile etkileşiminde dengeyi bozması, posanın yüksek miktarda ilavesinin yoğurt

yapısında istenmeyen değişikliklere yol açması gibi olası nedenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, posanın miktarı arttıkça serum ayrılması artmakta, yani yoğurt daha fazla su salmaktadır. Depolama süreci ise yoğurdun yapısal stabilitesini bir miktar iyileştirse de yüksek posa katkısının olumsuz etkileri devam etmektedir.

Literatürde de benzer bulgular rapor edilmiştir. Akgün ve ark. (2016), %6 yağlı manda yoğurdu örneklerinde depolamanın 1., 10. ve 20. günlerinde sinerezis değerlerinin değişkenlik gösterdiğini bildirmiştir. Dimitrellou ve ark. (2020), aronya suyu katkılı yoğurtlarda sinerezisin depolama süresince farklı örneklerde değişkenlik gösterdiğini ve katkı maddesinin bu değişimde rol oynadığını rapor etmiştir. Ayrıca, Atwaa ve ark. (2020), manda yoğurdunun yağ oranının azaltılmasıyla serum ayrılmasının arttığını; ancak mango posası tozu ilavesinin, düşük yağlı yoğurtta bile serum ayrılmasını önemli ölçüde azalttığını ve bu etkinin katkı oranıyla doğru orantılı olarak arttığını göstermiştir. Tüm çalışmalar, posanın yoğurdun yapısal stabilitesini artırıcı etkisini ve depolama süresince sinerezis değişiminin hem yağ oranı hem de katkı maddesi miktarına bağlı olarak dinamik bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır.

4.3.5. Su tutma kapasitesi

Çizelge 4.10. Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin su tutma kapasitesi (%)

Örnek	Depolama (gün)		
	1	10	21
K	73.01 ± 2.59Ba	74.16 ± 0.53Ba	82.42 ± 0.32Aa
A	70.16 ± 0.12Bab	69.63 ± 0.19Bb	76.44 ± 0.78Ab
B	65.27 ± 0.18Cb	69.99 ± 1.06Bb	77.29 ± 0.36Ab
C	65.35 ± 0.01Bb	68.26 ± 1.29Bb	74.44 ± 0.67Ab

^{A-C}Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-b}aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin su tutma kapasitesi değerleri ve depolama süresince değişimleri Çizelge 4.10'da sunulmuştur. Kontrol örneği (K) başlangıçta en yüksek su tutma kapasitesine (%73.01 ± 2.59) sahipken, posalı örneklerde (A, B, C) bu değerler anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. Posa miktarının artmasıyla birlikte

su tutma kapasitesinde belirgin bir azalma gözlenmiş ve %2 (B) ve %3 (C) posa katkılı örnekler %65 civarında daha düşük değerlere sahip olmuştur.

Depolama süreci boyunca su tutma kapasitesi genel olarak tüm örneklerde artış eğilimi göstermiştir. Özellikle kontrol örneğinde bu artış daha belirgin olup, 21. günde 82.42 ± 0.32 'ye yükselmiştir. Posalı örneklerde de depolama ile su tutma kapasitesi artmış ancak kontrol grubuna göre düşük kalmaya devam etmiştir. Veriler aronya posası tozunun yoğurdun su tutma kapasitesini azaltıcı etkisinin olduğunu göstermektedir. Posanın yapısal katkısının, yoğurt protein matriksi ile etkileşiminde su bağlama alanlarını sınırladığı veya posanın kendi yapısal özellikleri nedeniyle suyun serbest kalmasına neden olduğu düşünülebilir.

Ancak literatürde farklı eğilimler de gözlemlenmiştir. Sheikh ve ark. (2023), beyaz dut tozu katkılı manda yoğurdu üzerinde yaptıkları çalışmada, depolamanın 28. gününde kontrol yoğurttaki su tutma kapasitesinin (STK) düştüğünü, katkı maddesi ilavesinin ise STK değerlerini artırdığını rapor etmişlerdir. Özellikle yüksek katkı oranı (%6) ile ilk gün en yüksek STK değerinin (%58.60) elde edilmesi, posanın yoğurdun su tutma kapasitesini artırıcı etkisini göstermektedir. Bu bulgular, katkı maddesi türü ve miktarının STK üzerinde belirleyici olduğunu ve depolama süresince dinamik değişimler olabileceğini ortaya koymaktadır.

4.3.6. Laktik asit bakteri sayısı

Çizelge 4.11. Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin laktik asit bakteri sayıları (log kob/g)

Örnek	Depolama (gün)		
	1	10	21
K	$8.19 \pm 0.04ABa$	$8.42 \pm 0.34Aa$	$7.48 \pm 0.00Bb$
A	$8.39 \pm 0.07Aa$	$8.37 \pm 0.37Aa$	$7.75 \pm 0.15Ab$
B	$8.32 \pm 0.09Aa$	$8.22 \pm 0.01Aa$	$8.12 \pm 0.12Aa$
C	$8.31 \pm 0.07Aa$	$8.54 \pm 0.22Aa$	$8.45 \pm 0.15Aa$

^{A-B} Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-b} aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Çizelge 4.11’de aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin depolama süresince laktik asit bakteri (LAB) sayılarındaki değişim gösterilmiştir. Başlangıçta (1. gün) tüm örneklerde LAB sayıları yüksek olup 8.19 ile 8.39 log kob/g arasında değişmiştir. Posalı örnekler (A, B, C) kontrol grubuna (K) kıyasla genel olarak benzer veya biraz daha yüksek bakteri sayısına sahiptir.

Depolama süresi boyunca LAB sayılarında bazı dalgalanmalar yaşanmış; özellikle kontrol örneğinde 21. günde anlamlı bir düşüş (7.48 ± 0.00 log kob/g) gözlenirken, %2 (B) ve %3 (C) posa katkılı örneklerde bakterilerin sayısı daha stabil kalmış ve 21. günde sırasıyla 8.12 ± 0.12 ve 8.45 ± 0.15 log kob/g değerlerine ulaşmıştır. Bu durum, aronya posası tozunun yoğurt mikrobiyal stabilitesine olumlu katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Örnekler arasında 21. gün değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir ($p < 0.05$). Yüksek posa katkılı örneklerde bakteriyel canlılık daha iyi korunmuştur.

Literatürde de benzer eğilimler gözlenmiştir. Atwaa ve ark. (2020), farklı oranlarda mango posası tozu (%1, %2 ve %3) ve *Bifidobacterium bifidum* (ABT-5) probiyotik kültür ilaveli düşük yağlı manda yoğurdu üzerinde çalışmış; *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus acidophilus* sayılarını depolamanın 10. gününe kadar kademeli olarak artırdıklarını, ardından depolama süresinin sonunda azalma gözlemlediklerini bildirmişlerdir. Posa katkısı oranının artmasıyla bakteri sayılarının da arttığı, en yüksek değerlerin %1 yağlı ve %3 mango posası katkılı yoğurtlarda gözlemlendiği rapor edilmiştir. Benzer şekilde, Sardar ve ark. (2024), %15’e kadar kırmızı dut tozu katkılı manda yoğurdu çalışmalarında, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus acidophilus* sayılarını katkı oranına bağlı olarak artırdıklarını belirtmişlerdir. Bu bulgular hem bizim çalışmamızın sonuçları hem de literatürle uyumlu olarak, meyve posası katkısının yoğurdun mikrobiyal stabilitesini desteklediğini ve depolama süresince probiyotik canlılığının korunmasına katkı sağladığını göstermektedir.

4.3.7. L değeri

Çizelge 4.12’de verilen sonuçlara göre, depolama süresi boyunca tüm örneklerde L değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir ($p > 0.05$). Ancak aynı depolama gününde farklı aronya posası tozu oranına sahip yoğurtlar karşılaştırıldığında,

L değeri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Tüm depolama günlerinde en yüksek L değerleri kontrol grubunda (K) elde edilmiş olup, aronya posası tozu miktarındaki artışa paralel olarak L değerleri azalmıştır ($K > A > B > C$). Tüm örneklerde depolama süresi boyunca L değerlerinde artış gözlenmiştir.

Çizelge 4.12. Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda L değeri

Örnek	Depolama (gün)		
	1	10	21
K	$88.17 \pm 0.36aA$	$90.02 \pm 0.23aA$	$90.39 \pm 0.77aA$
A	$65.50 \pm 0.33bA$	$67.50 \pm 0.31bA$	$68.45 \pm 1.11bA$
B	$58.10 \pm 0.36cA$	$60.11 \pm 1.14cA$	$60.46 \pm 1.99cA$
C	$53.71 \pm 0.16dA$	$53.15 \pm 0.03dA$	$55.63 \pm 1.45cA$

^{A-B} Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-d} aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Bu bulgular, antosiyanin pigmentler bakımından zengin olduğu bilinen aronya posasının süte ilavesiyle L değerinin azaldığını ortaya koyan önceki çalışmalarla uyumludur. Nitekim, aronya suyu katkılı yoğurtlarda parlaklık değerinin düştüğü, depolama süresince tüm örneklerde artış eğiliminde olduğu literatürde bildirilmiştir (Nguyen ve Hwang, 2016; Sardar ve ark., 2024; Dimitrellou ve ark. 2020). Elde edilen bu sonuçlar, antosiyanin pigmentlerin yoğurt parlaklığını azaltma eğiliminde olduğu yönündeki genel kabulü desteklemektedir.

4.3.8. a değeri

Çizelge 4.13. Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda a değeri

Örnek	Depolama (gün)		
	1	10	21
K	$-2.37 \pm 0.03dA$	$-2.17 \pm 0.01dA$	$-2.17 \pm 0.01dA$
A	$9.43 \pm 0.01cA$	$9.56 \pm 0.36cA$	$9.19 \pm 0.00cA$
B	$11.45 \pm 0.14bA$	$11.87 \pm 0.11bA$	$11.54 \pm 0.18bA$
C	$12.9 \pm 0.06aA$	$13.29 \pm 0.28aA$	$12,86 \pm 0.31aA$

^{A-B} Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-d} aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Çizelge 4.13'te görüldüğü üzere, depolama süresi boyunca tüm örneklerde a değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). Ancak aynı depolama gününde farklı aronya posası tozu oranına sahip yoğurtlar karşılaştırıldığında,

a değeri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Her üç depolama gününde de a değeri sıralaması $C > B > A > K$ şeklinde olmuş, yani aronya posası tozu miktarı arttıkça yoğurdun kırmızılık değeri belirgin şekilde yükselmiştir. Kontrol grubunda a değerinin negatif olması ($-2,37$ civarında), hafif yeşilimsi bir tonun varlığını işaret ederken, aronya posası ilavesiyle bu değer pozitif yönde artarak kırmızı tonların hâkim olduğu bir renk profili oluşmuştur. Bu durum, aronya posasında bulunan antosiyanin pigmentlerin renk parametreleri üzerinde güçlü bir etki yarattığını göstermektedir. Literatürde bu sonuçlar desteklenmektedir (Nguyen ve Hwang, 2016; Păduret ve ar., 2024).

4.3.9. b değeri

Çizelge 4.14. Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda b değeri

Örnek	Depolama (gün)		
	1	10	21
K	$9.60 \pm 0.30aB$	$10.76 \pm 0.25aA$	$10.63 \pm 0.19aAB$
A	$0.98 \pm 0.04bA$	$0.97 \pm 0.15bA$	$1.24 \pm 0.22bA$
B	$0.24 \pm 0.06cA$	$0.21 \pm 0.10cA$	$0.21 \pm 0.16cA$
C	$0.31 \pm 0.16bcA$	$-0.27 \pm 0.09cA$	$-0.39 \pm 0.21cA$

^{A-B} Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-c} aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Çizelge 4.14'te görüldüğü üzere, depolama süresi b değeri üzerinde bazı gruplarda anlamlı değişimlere yol açmıştır. Kontrol grubunda (K) 1. ve 10. gün değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuş ($p<0.05$), 21. gün değeri ise her iki günden de farklılık göstermemiştir. Diğer örneklerde ise depolama süresi boyunca b değeri istatistiksel olarak değişmemiştir ($p>0.05$). Aynı depolama gününde farklı örnekler karşılaştırıldığında, tüm günlerde b değeri bakımından anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Tüm günlerde en yüksek b değerine kontrol grubunun sahip olduğu, aronya posası tozu oranı arttıkça b değerinin belirgin şekilde azaldığı, hatta %3 posa katkılı örnekte negatif değerlere ulaşarak sarı mavi renk ekseninde mavi ton yönünde bir renk kayması olduğu belirlenmiştir. Bu durum, aronya posasında bulunan antosiyanin pigmentlerin sarı tonları baskılayarak ürün rengini mavi/mor eksene kaydırmasından kaynaklanmaktadır.

Paduret ve ark. (2024) çalışmasında, yoğurt örneklerinin sarılığının siyah aronya meyvesi ve posası eklenmesiyle azaldığı (b^* değerinin düşmesi) belirtilmiştir. Koyu morumsu renge sahip aronya meyvesi, yoğurt örneklerinin L^* (açıklık) ve b^* (sarı-mavi eksen) değerlerini azaltırken, a^* (yeşil-kırmızı eksen) değerlerini artırmıştır. Benzer şekilde, Nguyen ve Hwang (2016) da antosiyanin açısından zengin bileşenlerin yoğurda eklenmesiyle L^* ve b^* değerlerinin azaldığını, a^* değerinin ise arttığını rapor etmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen bulgular da bu sonuçlarla uyumlu olup, farklı antosiyanin içeriklerinin yoğurt renginde belirgin değişimlere yol açtığını göstermektedir.

4.3.10. Chroma değeri

Çizelge 4.15. Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda Chroma değeri

Örnek	Depolama (gün)		
	1	10	21
K	$9.89 \pm 0.28cB$	$10.97 \pm 0.23bA$	$10.85 \pm 0.19bAB$
A	$9.48 \pm 0.00cA$	$9.61 \pm 0.34cA$	$9.28 \pm 0.04cA$
B	$11.46 \pm 0.14bA$	$11.88 \pm 0.12bA$	$11.54 \pm 0.18bA$
C	$12.9 \pm 0.06aA$	$13.29 \pm 0.28aA$	$12.86 \pm 0.30aA$

^{A-B} Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-c} aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0.05$). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Çizelge 4.15 incelendiğinde, depolama süresinin Chroma değeri üzerinde genel olarak sınırlı bir etkisinin olduğu görülmektedir. Yoğurt renk yoğunluğu ve doygunluğu, chroma(C^*) parametresiyle verilir ve a^* ve b^* değerlerinden hesaplanır. Kontrol grubunda (K) 1. ve 10. gün değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmiş ($p < 0.05$), 21. gün değeri ise her iki günden de farklılık göstermemiştir. Diğer örneklerde (A, B, C) ise depolama süresi boyunca Chroma değerlerinde anlamlı bir değişim gözlenmemiştir ($p > 0.05$). Aynı depolama gününde farklı örnekler karşılaştırıldığında ise tüm günlerde Chroma değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p < 0.05$). En yüksek Chroma değerleri her üç günde de %3 aronya posası katkılı örneklerde (C) belirlenmiş olup, bunu sırasıyla %2 posa (B), kontrol (K) ve %1 posa katkılı (A) örnekler izlemiştir. Bu durum, aronya posasında bulunan antosiyaninlerin renk yoğunluğunu artırarak yoğurt renginin daha doygun ve belirgin hale gelmesine neden olduğunu göstermektedir.

Benzer şekilde Dimitrellou ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada, aronya suyu ilave edilen yoğurtlarda renk yoğunluğunu ifade eden kromatiklik değeri (C*) en yüksek 5.24 olarak kaydedilmiştir. Depolama süresi boyunca yoğurt örneklerinin daha mat bir renk aldığı ve C* değerlerinde düşüş gözlemlendiği belirtilmiştir.

4.3.11. Hue değeri

Çizelge 4.16. Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda Hue değeri

Örnek	Depolama (gün)		
	1	10	21
K	103.90 ± 0.57aA	101.20 ± 0.72bB	101.56 ± 0.17bAB
A	5.89 ± 0.21bB	5.80 ± 1.08cB	7.69 ± 1.32cA
B	1.19 ± 0.32cA	1.00 ± 0.48dA	1.02 ± 0.77dA
C	1.38 ± 0.70cB	358.82 ± 0.41aA	358.27 ± 0.94aA

^{A-B}Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-d}aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Çizelge 4.16 incelendiğinde, depolama süresinin Hue değeri üzerinde bazı gruplarda anlamlı değişimler yarattığı görülmektedir. Kontrol grubunda (K) 1. gün ile 10. gün değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiş (p<0.05), 21. gün değeri ise her iki günden farklılık göstermemiştir. %1 aronya posası katkılı yoğurtta (A) 21. gün değeri, 1. ve 10. gün değerlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuş (p<0.05) ve depolama süresine bağlı bir artış eğilimi göstermiştir. %2 posa katkılı (B) ve %3 posa katkılı (C) örneklerde ise depolama süresinin Hue değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmamıştır (p>0.05). Aynı depolama gününde farklı örnekler karşılaştırıldığında, tüm günlerde Hue değeri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklar ortaya çıkmıştır (p<0.05). Kontrol grubunda Hue değeri 100°'ün üzerinde olup sarı-yeşil ton bölgesinde yer alırken, aronya posası katkılı örneklerde bu değerler 0–10 aralığında veya 350 civarında ölçülmüş, bu da kırmızı-mor ton yönünde belirgin bir renk kaymasını işaret etmiştir. Özellikle %3 posa katkılı yoğurtta 10. ve 21. günlerde Hue değeri 358° civarında olup mavi-kırmızı eksenine yakın bir renk profili oluşmuştur. Bu bulgular, aronya posası antosiyaninlerinin yoğurt renginde ton değişimini güçlü bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Benzer şekilde Paduret ve ark. (2024) çalışmasında da siyah aronya suyu, meyvesi ve posası seviyesinin artmasıyla renk tonu açısında (h°)

önemli bir azalma gözlenmiş, en belirgin düşüş ise meyve katkılı örneklerde kaydedilmiştir.

Antosiyanin moleküllerinin yapısal özellikleri, özellikle de halkadaki fonksiyonel grupların türü ve sayısı, rengin tonu, yoğunluğu ve stabilitesi üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Hidroksil gruplarının sayısındaki artış, maksimum absorpsiyon dalga boyunu daha uzun spektral bölgelere kaydırarak rengin turuncudan kırmızıya ve mora doğru değişmesine yol açmaktadır. Buna karşılık, hidroksil gruplarının metoksil grupları ile yer değiştirmesi bu eğilimi tersine çevirmekte ve farklı bir renk spektrumu ortaya çıkarmaktadır (Szajnar ve ark., 2021). Bu durum, çalışmamızda gözlenen aronya posası katkılı yoğurtlardaki kırmızı-mor ton geçişlerinin, posada bulunan antosiyaninlerin yapısal özellikleri ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

Renk analizlerinde kontrol örneğinde gözlemlenen en yüksek L değerleri yoğurdun parlak rengini doğrulamaktadır. Aronya posası ilavesiyle L değerlerinde düşüş ile parlaklığın azaldığı, a değerlerinde pozitif yönde artış ile kırmızı tonların hâkim olduğu, b değerinin belirgin şekilde azalışı ile sarıdan mavi yönüne doğru bir renk profili olduğu gözlenmiştir. Depolama süresinde posalı örneklerin değerlerindeki artış yoğurt renginin daha doygun ve belirgin hale gelmesi şeklinde yorumlanmıştır. Aynı depolama gününde farklı örnekler karşılaştırıldığında, tüm günlerde Hue değeri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklar ortaya çıkmıştır ($p<0.05$). Bu bulgular, aronya posası antosiyaninlerinin yoğurt renginde ton değişimini güçlü bir şekilde etkilediğini göstermektedir.

4.3.12. Toplam fenolik madde, antioksidan kapasite ve antosiyanin miktarı

Aronya posası tozu katkılı yoğurtların toplam fenolik madde (TFM), antosiyanin miktarı ve antioksidan kapasite değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.17), posanın miktarının tüm parametreler üzerinde belirgin ve istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Antosiyanin miktarı, posanın artan oranıyla paralel olarak yükselmiş ve %3 posa katkılı örneklerde (C) en yüksek değerler elde edilmiştir. Depolama süresinin etkisi örnekler

arasında değişkenlik göstermiş; bazı gruplarda özellikle 10. ve 21. günlerde hafif düşüşler gözlenmiş, ancak genel olarak yüksek antosiyanin düzeyleri korunmuştur.

Çizelge 4.17. Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda toplam fenolik madde, antosiyanin miktarı ve antioksidan kapasite değerlerinin depolama süresince değişimi

Parametre	Örnek	Depolama (gün)		
		1	10	21
Antosiyanin (mg/kg)	A	48.43 ± 0.84Ac	38.82 ± 3.76ABc	51.10 ± 9.02Ac
	B	80.70 ± 15.50Ab	83.41 ± 7.60Ab	82.74 ± 6.60Ab
	C	136.35 ± 1.09Aa	127.5 ± 7.26ABa	124.82 ± 3.76ABa
TFM (mg GAE/kg)	A	241.6 ± 21.6Ac	165.5 ± 40.9ABc	154.1 ± 29.5ABc
	B	312.0 ± 37.5Ab	254.0 ± 116.0ABb	335.9 ± 84.1Ab
	C	407.5 ± 30.7Aa	413.2 ± 36.4Aa	454.1 ± 59.1Aa
DPPH(mMol troloks/g)	A	0.75 ± 0.05Ab	0.49 ± 0.01Bb	0.53 ± 0.05Bb
	B	0.73 ± 0.09Ab	0.61 ± 0.1ABb	0.88 ± 0.15Aab
	C	1.14 ± 0.29Aa	1.17 ± 0.54Aa	1.22 ± 0.14Aa

^{A-B} Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-b} aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Çalışmamızda TFM değerleri posa miktarına bağlı olarak artış göstermiş ve depolama süresi boyunca yüksek seviyelerini korumuştur. En yüksek değerler %3 aronya posası katkılı yoğurtta elde edilmiştir. Literatürde ise aronya suyu veya meyve posası ile zenginleştirilen yoğurtlarda fenolik madde içeriğinin arttığı, ancak depolama süresi ilerledikçe azalma eğilimi gösterdiği belirtilmektedir (Dimitrellou ve ark., 2020; Atwaa ve ark., 2020). Bu bağlamda, çalışmamızda fenolik bileşiklerin depolama boyunca daha stabil kalması, aronya posasının yapısal özelliklerinden kaynaklanabilir. Özellikle posa içerisinde yer alan liflerin fenolik bileşiklerle etkileşime girerek onları oksidasyona karşı koruması, protein–fenolik bağlanmalarının fenolik stabilitesini artırması ve yoğurt matrisinin görece düşük pH’sının antosiyaninlerin korunmasına katkı sağlaması olası nedenler arasında değerlendirilebilir (Wróblewska ve ark., 2023; Xue ve ark., 2024).

Antioksidan kapasite (DPPH) sonuçları da posa miktarına bağlı olarak artış göstermiş, %3 posa katkılı yoğurtlar hem ilk gün hem de depolamanın ilerleyen günlerinde en yüksek serbest radikal tutma kapasitesine sahip olmuş, %1 ve %2 posa katkılı örnekler

ise daha düşük değerler göstermiştir. Depolama süresi ilerledikçe tüm örneklerde antioksidan aktivitede bir azalma gözlenmiştir.

Bu bulgular, aronya posasında bulunan fenolik bileşiklerin ve antosiyaninlerin yoğurdun antioksidan kapasitesini artırdığını ve depolama boyunca önemli ölçüde korunduğunu ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, literatürde de fermente süt ürünlerinde meyve posası veya meyve özü katkısının antioksidan kapasiteyi artırdığı, probiyotik ilavesi ile bu etkinin daha da güçlendiği rapor edilmiştir (Akbal ve ark., 2025; Dimitrellou ve ark., 2020; Nasser, 2022; Atwaa ve ark., 2020).

4.3.13. Fenolik bileşen içeriği

Çizelge 4.18’de aronya posası katkılı yoğurtların fenolik bileşen içerikleri verilmiştir. Katkı oranı arttıkça özellikle 3,4-dehidroksi benzoik asit, kateşin, epikateşin ve kuersetin miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenmiştir ($p<0.05$). Bu bileşenler içerisinde en yüksek değerler C rneğinde kaydedilmiş ve depolama süresince bu yüksekliğini korumuştur. Gallik asit ve ferulik asit içeriklerinde katkı oranı veya depolama süresine bağlı istatistiksel bir değişim gözlenmemiştir. Ayrıca t-resveratrol düzeyleri tüm gruplarda düşük kalmış ve depolama boyunca anlamlı farklılık göstermemiştir. Genel olarak, aronya posası katkısı yoğurtların fenolik bileşik profilini zenginleştirmiş, bu etki özellikle yüksek katkı seviyelerinde (C) daha belirgin olmuştur.

Yoğurt örneklerimizde, gallik asit, 3-4 dihidroksi benzoik asit, (+)-kateşin, vanillik asit, siringik asit, (-) epikateşin, kaftarik asit, klorojenik asit, kafeik asit, kumarik asit, ferulik asit, t-resveratrol, rutin tri-hidrat, kamferol 3-glukozit, kuersetin fenolik bileşenleri analiz edilmiştir. Numunelerimizde siringik asit, kaftarik asit, klorojenik asit, kafeik asit, kumarik asit ve kamferol 3-glukozit gözlenmemiştir.

Yoğurt örneklerinde tespit edilen gallik asit, 3,4-dihidroksi benzoik asit, kateşin, vanillik asit, epikateşin, ferulik asit, t-resveratrol, rutin tri-hidrat ve kuersetin gibi fenolik bileşikler, güçlü antioksidan özellikleriyle ne çıkmaktadır. Bu bileşikler serbest radikalleri süpürme, lipid peroksidasyonunu nleme ve oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağlama potansiyellerine sahiptir. Özellikle flavonoid yapılı kateşin, epikateşin, rutin ve kuersetin; yüksek radikal yakalama kapasitesiyle dikkat çekerken, fenolik asit

türevleri (gallik asit, ferulik asit vb.) oksidatif süreçlerin baskılanmasında rol oynamaktadır. Ayrıca resveratrol, antioksidan etkisinin yanı sıra kardiyoprotektif özellikleriyle bilinen fonksiyonel bir bileşiktir. Dolayısıyla bu fenoliklerin varlığı, yoğurt örneklerinin toplam antioksidan kapasitesine önemli katkı sağlamaktadır.

Çizelge 4.18. Aronya posası tozu katkılı yoğurtlarda fenolik bileşen içeriği

Parametre (mg/kg)	Örnek	Depolama (gün)		
		1	10	21
gallik asit	A	0.29 ± 0.05Aa	0.29 ± 0.04Aa	0.68 ± 0.32Aa
	B	0.40 ± 0.07Aa	0.36 ± 0.14Aa	0.74 ± 0.14Aa
	C	0.53 ± 0.10Aa	0.58 ± 0.36Aa	0.93 ± 0.22Aa
3-4 dehidroksi benzoik asit	A	2.95 ± 0.43ABc	3.26 ± 0.50Bc	4.56 ± 0.10Ac
	B	6.52 ± 0.54Bb	7.65 ± 1.33ABb	8.10 ± 0.12Ab
	C	9.08 ± 0.66Aa	9.72 ± 0.53Aa	10.40 ± 0.48Aa
kateşin	A	59.19 ± 3.23Ac	48.49 ± 1.52Bc	26.70 ± 18.40Cc
	B	103.68 ± 4.03Ab	89.07 ± 3.83Bb	67.90 ± 29.60Cb
	C	151.72 ± 0.34Aa	13.93 ± 6.45Ba	126.80 ± 18.80Ca
vanilik asit	A	8.27 ± 0.42Ac	6.00 ± 1.23Bc	5.28 ± 1.99ABc
	B	16.97 ± 0.10Bb	12.26 ± 1.46ABb	30.50 ± 13.70Aa
	C	25.46 ± 0.86Aa	24.3 ± 0.32Aa	20.56 ± 4.99Bb
epikateşin	A	1.02 ± 0.43Ac	1.14 ± 0.32Ac	1.72 ± 0.46Ac
	B	2.31 ± 0.55Bb	3.35 ± 0.62Ab	3.32 ± 0.86Ab
	C	3.42 ± 0.92Ba	5.04 ± 0.85Aa	4.37 ± 0.65Aa
ferulik asit	A	0.45 ± 0.03Aa	0.69 ± 0.11Aa	0.50 ± 0.00Aa
	B	0.57 ± 0.13Aa	0.53 ± 0.22Aa	0.96 ± 0.22Aa
	C	0.70 ± 0.19Aa	0.71 ± 0.35Aa	1.21 ± 0.22Aa
t-resveratrol	A	0.03 ± 0.00Aa	0.00 ± 0.00Aa	0.00 ± 0.00Aa
	B	0.41 ± 0.40Aa	0.02 ± 0.01Aa	0.01 ± 0.00Aa
	C	0.61 ± 0.58Aa	0.04 ± 0.00Aa	0.03 ± 0.01Aa
rutin tri-hidrat	A	1.06 ± 0.07Ab	0.88 ± 0.03Aa	0.62 ± 0.04Ab
	B	1.49 ± 0.10Aab	0.94 ± 0.07Aa	0.77 ± 0.01Ab
	C	1.77 ± 0.08Aa	1.21 ± 0.05Aa	1.40 ± 0.52Aa
kuersetin	A	2.61 ± 0.01Bc	2.91 ± 0.02Bc	3.75 ± 0.10Ac
	B	5.23 ± 0.01Bb	5.05 ± 0.03Bb	7.06 ± 0.37Ab
	C	6.91 ± 0.07Ba	8.35 ± 0.07ABa	9.15 ± 0.70Aa

^{A-C} Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-c} aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Aronya posası tozu ile zenginleştirilmiş yoğurttaki fenolik bileşiklerin stabilitesi, tozun katkı oranına ve depolama süresine bağlı olarak değişmektedir. Bazı fenolik bileşikler,

örneğin gallik asit, kateşin ve rutin, Güneş kolektörlü (GK) kurutma yönteminde elde edilen kurutulmuş tozda daha yüksek konsantrasyonlarda bulunurken, yoğurt matrisine eklendiklerinde seviyeleri azalmıştır. Buna karşılık, 3,4-dihidroksibenzoik asit ve kuersetin gibi bileşikler, yoğurtta kurutulmuş toza kıyasla daha yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Bu farklılıklar, fenolik bileşiklerin protein ve lipid gibi yoğurt matris bileşenleri ile etkileşimlerinden kaynaklanabilir; bu etkileşimler çözünabilirliklerini ve biyoyararlanımlarını etkileyebilir. Ayrıca fermentasyon süreci ve laktik asit bakterilerinin aktivitesi, fenolik bileşiklerin stabilitesi ve dönüşümünü etkileyebilir. Depolama koşulları, özellikle sıcaklık ve ışık maruziyeti, bu biyolojik olarak aktif bileşiklerin bozulması veya korunmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Benzer bulgular, önceki çalışmalarda da rapor edilmiştir: Mikulajová ve ark. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, fermentasyon sürecinin mısır bazlı süt içermeyen karışımlardaki fenolik bileşiklerin içeriğini ve bileşimini olumlu yönde etkilediği, kafeik asit gibi bazı bileşiklerin fermentasyon ve depolama sırasında belirgin artış gösterdiği gözlenmiştir. Amirdivani ve ark. (2014) tarafından yeşil çay katkılı yoğurt üzerinde yapılan araştırmada, soğuk depolamanın bazı fenolik bileşiklerin, örneğin epikateşin ve kuersetin-3-O-galaktozil-rhamnozid, başlangıç depolama günlerinde konsantrasyonlarını artırdığı, dolayısıyla depolama koşullarının fenolik stabilitesini etkileyebileceği belirtilmiştir. Mrázková ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, fenolik bileşiklerin stabilitesinin depolama koşullarından etkilendiği; kuersetin ve p-kumarik asit gibi bazı bileşiklerin ışığa maruz kalma durumunda daha az stabil olduğu, gallik asit ve epikateşin gibi bileşiklerin ise karanlık koşullarda daha stabil kaldığı vurgulanmıştır.

Bu çalışmalar, fenolik bileşiklerin stabilitesini ve biyoyararlanımını belirlemede işleme yöntemlerinin, depolama koşullarının ve yoğurt matrisinin önemini ortaya koymaktadır.

4.3.14. Duyusal değerlendirme

4.3.14.1. Görünüm

Çizelge 4.19’da, aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin farklı depolama günlerindeki görünüm puanları yer almaktadır. Kontrol örneği (K) 1. günde en yüksek

görünüm puanına sahip olmuş (8.25 ± 0.31) ve bu değer zamanla anlamlı şekilde azalmıştır.

Çizelge 4.19. Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin görünüm puanları (1-9 skalası)

Örnek	Depolama (gün)	
	1	10
K	$8.25 \pm 0.31Aa$	$7.38 \pm 0.38Ba$
A	$6.25 \pm 0.37Ab$	$6.75 \pm 0.25Aa$
B	$6.38 \pm 0.5Ab$	$7.25 \pm 0.25Aa$
C	$8.00 \pm 0.27Aa$	$7.00 \pm 0.38ABa$

^{A-B} Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-b} aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p < 0.05$). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Posa katkılı örneklerde başlangıç görünüm puanları genellikle kontrol grubundan daha düşük bulunmuştur. Özellikle %1 (A) ve %2 (B) posa katkılı yoğurtların 1. gün puanları sırasıyla 6.25 ± 0.37 ve 6.38 ± 0.50 ile kontrolün altında kalmıştır. Ancak depolama süreci boyunca bu örneklerde görünüm puanlarında artış veya stabil seyir gözlenmiştir; özellikle B örneğinde 10. gün değeri 7.25 ± 0.25 'e yükselmiştir. %3 posa katkılı C örneği, 1. günde kontrol grubuna oldukça yakın bir görünüm puanı almıştır (8.00 ± 0.27) ve depolama boyunca hafif değişim göstermiştir.

İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde, bazı zaman noktalarında örnekler arasında anlamlı farklılıklar saptanmıştır ($p < 0.05$). Özellikle 10. gün itibarıyla tüm örneklerin görünüm puanları benzer düzeyde olmuş, gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Bu durum, kısa vadede posa ilavesinin yoğurt görünümü üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

4.3.14.2. Kıvam

Çizelge 4.20'de, aronya posası tozu katkılı yoğurtların kıvam puanları, farklı depolama süreleri boyunca değerlendirilmiştir. Kontrol örneği (K), 1. günde en yüksek kıvam puanına sahip olup (7.75 ± 0.25), 10. günde bu değer 7.5 ± 0.19 olarak benzer düzeyde kalmıştır. Bu durum, kontrol grubunun kısa süreli depolamada kıvam açısından stabil bir yapı sergilediğini göstermektedir.

Çizelge 4.20. Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin kıvam puanları (1-9 skalası)

Örnek	Depolama (gün)	
	1	10
K	7.75 ± 0.25Aa	7.5 ± 0.19Aa
A	7.13 ± 0.26ABa	7.13 ± 0.13Aa
B	7.50 ± 0.33Aa	7.25 ± 0.25Aa
C	7.25 ± 0.41Aa	6.50 ± 0.27ABb

^{A-B} Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-b} aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

Posa katkılı örnekler arasında %2 katkılı B örneği 1. günde 7.5 ± 0.33 ile kontrolle benzer yüksek kıvam puanı almış, 10. günde de bu değerde belirgin bir değişiklik gözlenmemiştir (7.25 ± 0.25). Benzer şekilde, %1 posa katkılı A örneğinin kıvam puanı 1. ve 10. günde sabit kalmış (7.13 ± 0.26 ve 7.13 ± 0.13) ve istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermemiştir.

%3 posa katkılı C örneğinde ise 1. gün puanı 7.25 ± 0.41 iken 10. günde hafif bir düşüş gözlenmiş (6.5 ± 0.27), bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05). Bu durum, yüksek posa oranının kıvam üzerinde kısa sürede olumsuz bir etki yaratabileceğine işaret etmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 10. güne kadar kıvam puanlarında ciddi dalgalanmalar gözlenmemiş, düşük ve orta düzeyde posa katkısı yoğurdun kıvamını büyük ölçüde etkilememiştir.

4.3.14.3. Koku

Çizelge 4.21'de aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin koku puanları sunulmuştur. Kontrol grubu (K), 1. günde 8.13 ± 0.30 ile en yüksek koku puanına sahip olurken, 10. günde bu değer 7.5 ± 0.33 'e gerilemiştir. Bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış olup, kısa vadede yoğurdun kokusal özelliklerinin büyük oranda korunduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.21. Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin koku puanları (1-9 skalası)

Örnek	Depolama (gün)	
	1	10
K	8.13 ± 0.30Aa	7.5 ± 0.33ABa
A	6.63 ± 0.25Ab	7.13 ± 0.13Aa
B	6.75 ± 0.53ABb	7.13 ± 0.23Aa
C	7.50 ± 0.54Aab	7.00 ± 0.33Aa

^{A-B}Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-b}aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

%1 (A) ve %2 (B) aronya posası katkılı örneklerin 1. gün koku puanları sırasıyla 6.63 ± 0.25 ve 6.75 ± 0.53 ile kontrolün belirgin şekilde altında kalmıştır (p<0.05). Ancak bu iki örnekte de 10. gün itibarıyla koku puanlarında artış gözlenmiştir (her ikisi de 7.13 ± 0.13/0.23) ve bu değerler istatistiksel olarak 1. gün sonuçlarından anlamlı düzeyde farklı bulunmuştur (p<0.05). Bu durum, kısa süreli depolamanın posa katkılı örneklerin kokusunu olumlu yönde etkileyebileceğini düşündürmektedir.

%3 posa katkılı C örneği ise 1. günde 7.50 ± 0.54 puan olarak diğer posa katkılı örneklerden daha yüksek bir başlangıç değeri göstermiştir. 10. gün sonunda bu değer 7.00 ± 0.33'e düşmüş olsa da istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmamıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 10. gün itibarıyla tüm örneklerin koku puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0.05). Bu da kısa vadede aronya posası ilavesinin yoğurdun kokusal kalitesine olumsuz bir etkisi olmadığını ve bazı durumlarda iyileşme sağlanabileceğini göstermektedir.

4.3.14.4. Tat

Çizelge 4.22'de aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin tat puanları verilmiştir. Kontrol grubu (K), 1. günde 7.75 ± 0.25 ile en yüksek tat puanını almıştır. 10. günde bu değer 7.13 ± 0.23'e gerilese de, bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu da kısa vadeli depolamanın kontrol örneğinin tadında önemli bir bozulmaya yol açmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.22. Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin tat puanları (1-9 skalası)

Örnek	Depolama (gün)	
	1	10
K	7.75 ± 0.25Aa	7.13 ± 0.23ABa
A	7.13 ± 0.3Aab	6.75 ± 0.31ABa
B	6.63 ± 0.26ABb	7.00 ± 0.27Aa
C	6.38 ± 0.50ABb	7.00 ± 0.50Aa

^{A-B}Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-b}aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). K: Kontrol (%0 posası tozu), A: %1 aronya posası tozu katkı, B: %2 aronya posası tozu katkı, C: %3 aronya posası tozu katkıli yoğurt.

Posa katkıli örneklerde ise başlangıç tat puanları genel olarak kontrol grubunun altında kalmıştır. %1 posası katkıli (A) örnek 1. günde 7.13 ± 0.30, %2 katkıli (B) örnek 6.63 ± 0.26 ve %3 katkıli (C) örnek 6.38 ± 0.50 puan almıştır. Bu durum, posası miktarı arttıkça başlangıçta algılanan tadın azaldığını göstermektedir.

Bununla birlikte, özellikle %2 ve %3 posası katkıli B ve C örneklerinde 10. gün itibarıyla tat puanlarında artış gözlenmiştir. Her iki örnek de 10. günde 7.00 puan olarak kontrol grubuna yaklaşmıştır. Bu artış, kısa süreli depolamanın posası katkıli yoğurtların tadını olumlu yönde etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 10. gün itibarıyla örnekler arasında tat açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0.05). Bu bulgu, aronya posası tozu katkısının tadı başlangıçta bir miktar etkilese de kısa vadeli depolama sürecinde bu farkların dengelenebileceğini göstermektedir.

4.3.14.5. Ağız hissi

Çizelge 4.23. Aronya posası tozu katkıli yoğurt örneklerinin ağız hissi puanları (1-9 skalası)

Örnek	Depolama (gün)	
	1	10
K	7.50 ± 0.42Aa	7.38 ± 0.38Aa
A	6.25 ± 0.31Ab	6.38 ± 0.18Aab
B	6.00 ± 0.38Ab	6.13 ± 0.4Aab
C	5.63 ± 0.57Ab	5.63 ± 0.68Ab

^{A-B}Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-b}aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). K: Kontrol (%0 posası tozu), A: %1 aronya posası tozu katkı, B: %2 aronya posası tozu katkı, C: %3 aronya posası tozu katkıli yoğurt.

Çizelge 4.23'te aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin ağız hissi puanları verilmiştir. Kontrol örneği (K), hem 1. günde (7.50 ± 0.42) hem de 10. günde (7.38 ± 0.38) en yüksek ağız hissi puanlarına sahip olup, bu iki ölçüm arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Posa katkılı örneklerde ise 1. günde ağız hissi puanları kontrol grubuna kıyasla daha düşük ölçülmüştür. %1 posa katkılı A örneği 6.25 ± 0.31 , %2 katkılı B örneği 6.00 ± 0.38 ve %3 katkılı C örneği 5.63 ± 0.57 puan almıştır. Posa oranının artmasıyla ağız hissinde azalma olduğunu gözlenmiştir. Bu durum posa oranının artması ile posanın kumsu yapısının ağızda hissedilmesinin tercih edilmemesi ile ilişkilendirilebilir.

10. gün değerlendirmesinde, A ve B örneklerinde hafif artış gözlenmiş ve sırasıyla 6.38 ± 0.18 ile 6.13 ± 0.40 puanlara ulaşılmıştır. C örneğinde ise ağız hissi puanı sabit kalmıştır. Bu sonuçlar, düşük ve orta posa katkılarının 10 günlük depolama süresince ağız hissinin stabilize edebildiğini, ancak yüksek posa oranının bu etkiyi sınırladığını göstermektedir.

10 günlük depolama süresi sonunda örnekler arasında ağız hissi açısından istatistiksel bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

4.3.14.6. Genel beğeni

Çizelge 4.24. Aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin genel beğeni puanları (1-9 skalası)

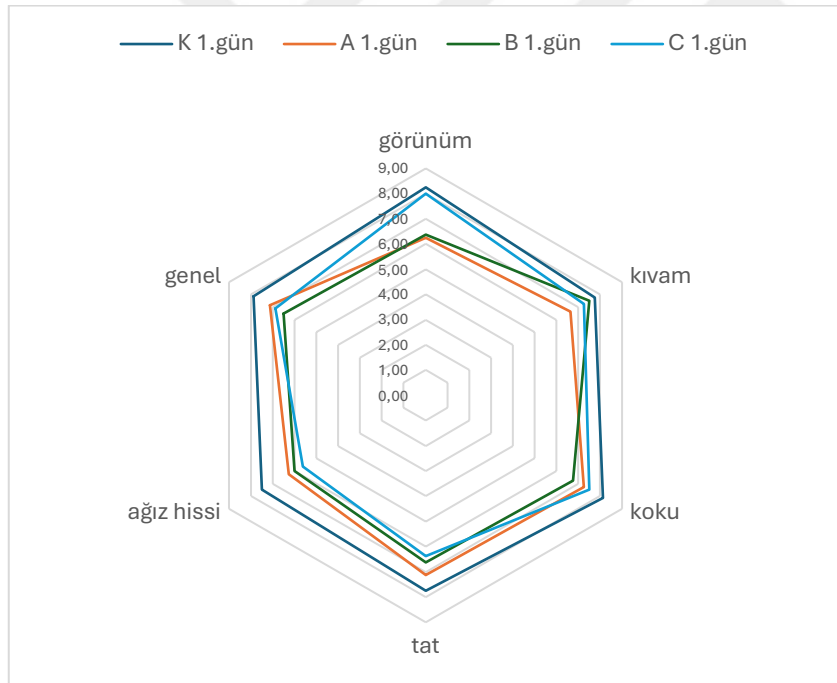
Örnek	Depolama (gün)	
	1	10
K	$7.88 \pm 0.23Aa$	$7.63 \pm 0.46Aa$
A	$7.13 \pm 0.23Aab$	$7.13 \pm 0.3Aab$
B	$6.50 \pm 0.33ABb$	$7.13 \pm 0.3Aab$
C	$6.88 \pm 0.44Ab$	$6.63 \pm 0.6ABb$

^{A-B} Aynı satırda farklı büyük harfler, ^{a-b} aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). K: Kontrol (%0 posa tozu), A: %1 aronya posası tozu katkılı, B: %2 aronya posası tozu katkılı, C: %3 aronya posası tozu katkılı yoğurt.

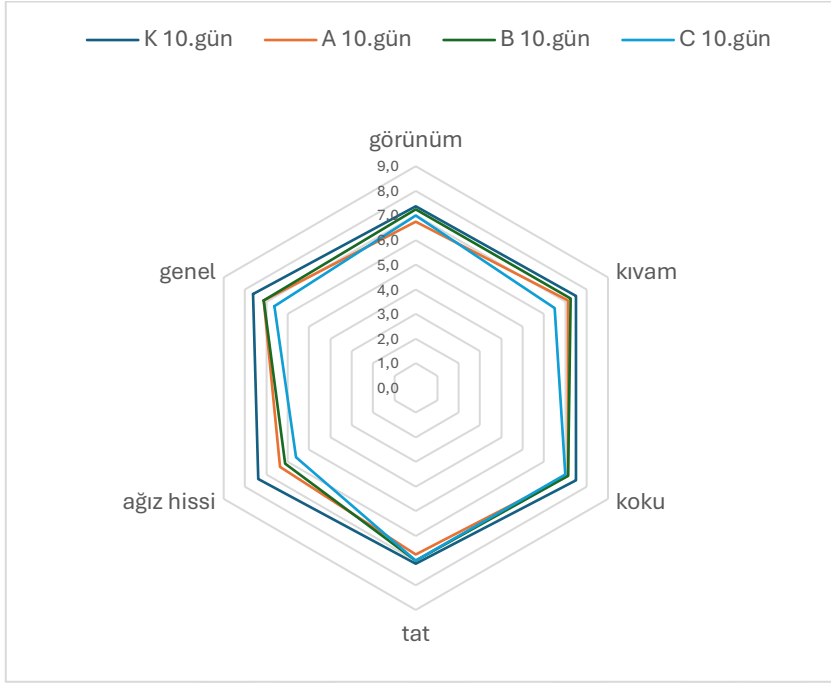
Çizelge 4.24'te aronya posası tozu katkılı yoğurt örneklerinin genel beğeni puanları sunulmuştur. Kontrol grubu (K), 1. günde en yüksek genel beğeni puanını almış (7.88 ± 0.23) ve 10. günde bu değer çok az azalarak 7.63 ± 0.46 olarak kalmıştır. Bu düşüş

istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış olup, kontrol örneğinin kısa vadede genel beğeni açısından stabil olduğu görülmektedir.

Aronya posası tozu katkılı yoğurtların genel beğeni puanları, depolama süresi boyunca kontrol grubuna yakın seviyelerde seyretmiş ve kısa vadede olumsuz bir etki gözlenmemiştir. Başlangıçta %1 ve %2 katkılı örnekler kontrol grubuna göre biraz düşük puan alırken, 10. gün itibarıyla puanlarda artış gözlenmiş ve kontrol grubuna yaklaşmıştır. %3 katkılı örnek, depolama boyunca hafif bir düşüş göstermiş olsa da genel beğeni açısından hâlâ kabul edilebilir seviyededir. Bununla birlikte, %3 katkı oranı yoğurdun partikül boyutunu artırarak homojen yapıyı bozmakta ve pütürlü bir his yaratmaktadır; özellikle yağlı ve homojenize edilmemiş yoğurtlarda bu etki daha belirgin olabilir.



Şekil 4.3. Yoğurt örneklerinin 1.gün duyu değerlendirmeye puanları



Şekil 4.4. Yoğurt örneklerinin 10.gün duyusal değerlendirme puanları

Pădureț ve ark. (2024),'nın aronya meyvesi, suyu ve posasının farklı oranlarda yoğurda eklenmesiyle yaptıkları çalışmada, en yüksek duyusal kabul meyve ilaveli örneklerde gözlenmiş, %3 posa katkılı yoğurtta ise en düşük puan elde edilmiştir. Bodur (2024)'un çalışmasında, %4 aronya katkılı yoğurt örneği duyusal değerlendirmede en yüksek puanı almıştır. Qayyum ve ark. (2024) ise %15 dut posası içeren manda yoğurdunun 15. güne kadar daha yüksek puan aldığını rapor etmiştir. Nasser (2022) çalışmasında, limon kabuğu ilavesinin manda yoğurdu üzerinde duyusal açıdan belirgin bir olumsuzluk yaratmadığını belirtmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmamızda, bir atık olan biyoaktif bileşiklerce zengin aronya meyvesi posasının farklı kurutma yöntemleriyle elde edilen tozlarının biyoaktif bileşen içeriği ve manda yoğurduna ilavesi ile yoğurdun kalite özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlar ve yapılan öneriler aşağıda sıralanmıştır.

Güneş kolektörlü kurutma yöntemiyle elde edilen aronya posası tozlarında toplam fenolik madde, antosiyanin ve antioksidan kapasite diğer yöntemlere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, düşük sıcaklık ve daha az oksidatif stres koşullarının özellikle ısıya duyarlı antosiyaninlerin korunmasına katkı sağlamasıyla açıklanabilir. Ancak bazı tekil fenolik bileşiklerde parçalanma veya yapısal dönüşüm nedeniyle azalmalar gözlenmiştir. Kurutma yöntemi seçiminde toplam fenolik madde ve genel antioksidan kapasite değerleri öncelikli alınmıştır.

Depolama süresince tüm yoğurt örneklerinde pH değerleri laktik asit bakterilerinin aktivitesine bağlı olarak düşmüş, titrasyon asitliği ise genel olarak stabil kalmıştır. Aronya posası ilavesinin pH üzerinde doğrudan etkisi olmamış, gözlenen değişimler yoğurdun doğal olgunlaşma süreciyle ilişkilendirilmiştir. LAB sayılarında posa ilavesiyle anlamlı bir değişim olmamış, ancak depolamada kontrol grubunda 21. günde düşüş gözlenirken, posa katkılı örneklerde değerler daha stabil seyretmiştir. Bu durum, aronya posasının mikrobiyal stabiliteye olumlu katkıda bulunabileceğini göstermektedir.

Kontrol örneğinde en yüksek L değeri elde edilirken, aronya posası ilavesiyle parlaklık azalmış, kırmızı tonlar artmış, sarıdan maviye doğru bir renk değişimi oluşmuştur. Depolama boyunca renk değerlerinde artış yoğurt renginin daha belirgin hale gelmesine yol açmıştır. Hue değerlerinde tüm günlerde anlamlı farklılıklar bulunmuş, aronya antosiyaninlerinin yoğurt rengini güçlü şekilde etkilediği ortaya konmuştur. Serum ayrılması posa miktarına bağlı olarak artış göstermiştir. Bunun, posa partiküllerinin yoğurt matrisinde homojen dağılmaması, su bağlama kapasitesinin sınırlanması ve protein etkileşimlerinin bozulmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Depolama boyunca tüm örneklerde serum ayrılması azalmış, fakat yüksek posa katkısında kontrol grubuna göre daha yüksek kalmıştır.

Aronya posası katkısıyla antosiyanin ve toplam fenolik miktarı artmış, özellikle %3 posa katkılı örneklerde en yüksek değerler elde edilmiştir. Depolama süresinde bazı dalgalanmalar olsa da yüksek antosiyanin düzeyleri korunmuştur. Antioksidan kapasite (DPPH) sonuçları da posa oranıyla paralel olarak artmış ve depolama süresinde genel yükseliş göstermiştir. Tespit edilen gallik asit, kateşin, epikateşin, rutin, kuersetin ve resveratrol gibi bileşikler, yoğurtların fonksiyonel özelliklerine önemli katkı sağlamıştır.

Kontrol örneği başlangıçta en yüksek duyusal puanlara sahipken, depolama süresince bu değerler azalmıştır. Aronya posası katkılı yoğurtlar genel olarak tüketici beğenisini olumsuz etkilememiştir. Görünüm ve kıvamda C ve B örnekleri öne çıkarken, tat ve genel beğenide A örneği kontrole en yakın bulunmuştur.

Fonksiyonel açıdan güneş kolektörlü kurutma yöntemi en uygun sonuçları vermiştir. Yoğurtlarda ise %1–%2 oranında aronya posası katkısı hem fonksiyonel özelliklerin artırılması hem de duyusal kabulün korunması açısından önerilmektedir. Daha yüksek oranlar fenolik içerik ve antioksidan kapasiteyi artırsa da serum ayrılmasını yükseltmesi ve duyusal kaliteyi sınırlaması nedeniyle tercih edilmemelidir.

6. KAYNAKLAR

- Abesinghe, A. M. N. L., Priyashantha, H., Prasanna, P. H. P., Kurukulasuriya, M. S., Ranadheera, C. S., & Vidanarachchi, J. K. (2020). Inclusion of probiotics into fermented buffalo (*Bubalus bubalis*) milk: an overview of challenges and opportunities. *Fermentation*, 6(4), 121.
- Akalan, F. E. (2011). Kaymak Altı Sütünün Değişik Oranlarda İnek Sütü İle Karışımından Üretilen Yoğurtların Bazı Fiziksel, Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Akbal, S., Uğur Geçer, E., & Ertürkmen, P. (2025). Probiotic Viability and Bioactive Properties of Buffalo Yoghurt Produced Using High Cholesterol-Assimilating Probiotic Strains. *Veterinary Medicine and Science*, 11(2), e70233.
- Akgun, A., Yazici, F., & Gulec, H. A. (2016). Effect of reduced fat content on the physicochemical and microbiological properties of buffalo milk yoghurt. *LWT-Food Science and Technology*, 74, 521-527.
- Amirdivani, S., & Baba, A. S. H. (2015). Green tea yogurt: major phenolic compounds and microbial growth. *Journal Of Food Science And Technology*, 52(7), 4652-4660.
- Andrade, T. A., Hamerski, F., Fetzer, D. E. L., Roda-Serrat, M. C., Corazza, M. L., Norddahl, B., & Errico, M. (2021). Ultrasound-assisted pressurized liquid extraction of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* pomace. *Separation and Purification Technology*, 276, 119290.
- Anonim, (2019). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 2009/25). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. Resmî Gazete, Sayı: 27143.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1990) Official Methods of Analysis. Washington D.C.
- Aprodu, I., Chitescu, C. L., Grigore-Gurgu, L., & Dumitraşcu, L. (2025). Investigation of the Antioxidant and Antimicrobial Properties of Ultrasound-Assisted Extracted Phenolics from *Aronia melanocarpa* Pomace. *Applied Sciences*, 15(13), 7070.
- Arslaner, A., & Türkoğlu Z., (2024) Aronya (*Aronia melanocarpa*)'nın Besin Bileşimi, Sağlık Etkileri ve Gıda Katkı Maddesi Potansiyeli. All Sciences Academy <https://doi.org/10.5281/zenodo.14503946>
- Atwaa, E., Sayed-Ahmed, A., Eman, T., & Hassan, M. A. A. (2020). Physicochemical, microbiological and sensory properties of low fat probiotic yoghurt fortified with mango pulp fiber waste as source of dietary fiber. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 11(9), 271-276.

- Babaoğlu, A. S., Unal, K., Dilek, N. M., Poçan, H. B., & Karakaya, M. (2022). Antioxidant and antimicrobial effects of blackberry, black chokeberry, blueberry, and red currant pomace extracts on beef patties subject to refrigerated storage. *Meat Science*, 187, 108765.
- Bankole, A. O., Ironi, E. A., Awoyale, W., & Ajani, E. O. (2023). Application of natural and modified additives in yogurt formulation: types, production, and rheological and nutraceutical benefits. *Frontiers in Nutrition*, 10.
- Bekiroğlu, H., & Özdemir, S. (2020). The quality of ice cream samples made from buffalo milk. *Food and Health*, 6(1), 20-26.
- Bodur, Sema Nur (2024) Ekzopolisakkarit Üreten *Lactobacillus Delbrueckii* Subsp. *Bulgaricus* Ve *Streptococcus Thermophilus* Bakterileri Kullanılarak Aronyalı Yoğurt Üretimi (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi).
- Bradley, R.L., Arnold, E., Barbano, D.M., Semerad, R.G., Smith, D.E., & Vines, B.K. (1992). Chemical and physical methods. In: Marshall, R.T. (Ed) *Standard methods for examination of dairy products*. 16th Edition. American Public Health Association, Washington, D.C., 433-529.
- Brand-Williams W, Cuvelier M E, Berset C (1995). Antioxidative Activity Of Phenolic Composition Of Commercial Extracts of Sage and Rosemary. *Food Science Technology*, 28:25–30.
- Cacak-Pietrzak, G., Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Parol-Nadłonek, N., Kalisz, S., Krajewska, A., & Stępniewska, S. (2023). Wheat bread enriched with black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) pomace: Physicochemical properties and sensory evaluation. *Applied Sciences*, 13(12), 6936.
- Catană, M., Catană, L., Constantinescu, F., Dără, A. M., & Vlăduț, V. (2021). Research on the achievement of a fortified pastry product with *Aronia melanocarpa* pomace powder. *International Symposium, ISB-INMA TEH', Agricultural and Mechanical Engineering*, Bucharest, Romania, 29 October 2021. *Proceedings*, 848-853.
- Çapanoglu, E., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., Hall, R. & De Vos, C.H.R. (2008). Changes in antioxidants and metabolite profiles during production of tomato paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 964-973.
- Cemeroğlu B (2007). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. Yayın no: 6, 496 s Ankara.
- Çağlar, M., & Demirci, M., “Üzümsü meyvelerde bulunan fenolik bileşikler ve beslenmedeki önemi”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(11), 18-26, (2017).
- Çatalkaya, G. (2022). Valorization of black chokeberry waste as a potential source of bioactive compounds: Their identification microencapsulation and impact on the human gut microbiota (Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi).

- Çirişoğlu, E., & Olum, E. (2019). Türk Mutfağındaki Fonksiyonel Gıdaların Gastronomi Turizmi Açısından Önemi. *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*, 3(4), 1659-1680. doi :10.26677/TR1010.2019.264
- Dabija, A., Codină, G. G., & Sidor, P. S. A. M. (2017). Effect of different fibre types addition on the yogurts quality. *Proceedings of 17th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference SGEM 2017*, 17(61), 655-664.
- Demirkol, M. (2021). Meyve Suyu İşleme Atıklarından Diyet Liflerinin İzolasyonu ne Yoğurt Üretiminde Kullanımı (Doktora Tezi, Ordu Üniversitesi).
- Demirkol, M., & Tarakçı, Z. (2018). 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
- Denev, P., Kratchanova, M., Petrova, I., Klisurova, D., Georgiev, Y., Ognyanov, M., & Yanakieva, I. (2018). Black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) fruits and functional drinks differ significantly in their chemical composition and antioxidant activity. *Journal of Chemistry*, 1- 12.
- Despoudi, S., Bucatariu, C., Otles, S., & Kartal, C. (2021). Food waste management, valorization, and sustainability in the food industry. In *Food waste recovery* (pp. 3-19). Academic Press.
- Dimitrellou, D., Solomakou, N., Kokkinomagoulos, E., & Kandyliş, P. (2020). Yogurts supplemented with juices from grapes and berries. *Foods*, 9(9), 1158.
- El-Kholy, W. M., Bisar, G. H., & 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.
- Everette, J. D., Bryant, Q. M., Green, A. M., Abbey, Y. A., Wangila, G. W., & Walker, R. B. (2010). Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin–Ciocalteu reagent. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(14), 8139–8144. <https://doi.org/10.1021/jf1005935>
- Fardet, A., & Rock, E. (2018). In vitro and in vivo antioxidant potential of milks, yoghurts, fermented milks and cheeses: a narrative review of evidence. *Nutrition Research Reviews*, 31(1), 52-70.
- Ghendov-Mosanu, A., Ungureanu-Iuga, M., Mironeasa, S., & Sturza, R. (2022). Aronia extracts in the production of confectionery masses. *Applied Sciences*, 12(15), 7664.
- Gjorgievski, N.; Tomovska, J.; Dimitrovska, g.; Makarijoski, B.; Shariati, M.A. (2014) Determination of the antioxidant activity in yogurt. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 88–92.

- Gürbüz, B. (2021). Kuşburnu çekirdeği tozu ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurt üretimi (Journal of Hygienic Engineering and Design, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi).
- Haktan, K. (2022). Farklı oranlarda manda ve inek sütü karışımlarından üretilen yoğurtların fizikokimyasal, aromatik, reolojik ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi).
- Ibrahim, A., Awad, S., & El-Sayed, M. (2020). Impact of pomegranate peel as prebiotic in bio-yoghurt. *British Food Journal*, 122(9), 2911-2926.
- Ivanova, S., Ilieva, Y., & Penchev, P. (2021). Alterations in health-related fatty acids in buffalo milk after processing to traditional dairy products. *Acta Universitatis Cinbinesis, Series E: Food Technology*, 25(2).
- Kaloudi, T., Tsimogiannis, D., & Oreopoulou, V. (2022). Aronia melanocarpa: Identification and exploitation of its phenolic components. *Molecules*, 27(14), 4375.
- Kandemir, K., Piskin, E., Xiao, J., Tomas, M., & Capanoglu, E. (2022). Fruit juice industry wastes as a source of bioactives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(23), 6805-6832.
- Karastamatis, S., Zoidou, E., Moatsou, G., & Moschopoulou, E. (2022). Effect of modified manufacturing conditions on the composition of Greek strained yogurt and the quantity and composition of generated acid whey. *Foods*, 11(24), 3953.
- Koç, F., Erten, K., & Coskuntuna, L. (2023). Aronya posasının hayvan beslemede kullanım olanakları. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(1), 267-278.
- Kumar, H., Bhardwaj, K., Sharma, R., Nepovimova, E., Kuča, K., Dhanjal, D. S., Verma R., Bhardway P., Sharma S., Kumar, D. (2020). Fruit and vegetable peels: utilization of high value horticultural waste in novel industrial applications. *Molecules*, 25(12), 2812.
- Lei, W. A. N. G., Rui, W. A. N. G., Jinxu, D. O. N. G., Yikai, W. A. N. G., Huang, X., Changbao, C. H. E. N. (2023). Research on the extraction, purification and determination of chemical components, biological activities, and applications in diet of black chokeberry (Aronia melanocarpa). *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 51(10), 100301.
- Metiner, E. E., & Ersus, S. (2023). Farklı kurutma tekniklerinin kuru Aronya (Aronia melanocarpa) meyvesi ve tozunun kalitesine etkisi. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 60(2), 353-362.
- Meybodi, N. M.; Mortazavian, A. M.; Meybodi, N. M.; Nematollahi, A. (2020) Probioticviability in yoghurt: A review of influential factors. *International Dairy Journal*, 109, 104793.

- Mikulajová, A., Matejčková, Z., Kohajdová, Z., Mošovská, S., Hybenová, E., & Valík, L. (2024). Changes in phenolic composition, antioxidant, sensory and microbiological properties during fermentation and storage of maize products. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6(1), 9.
- Mrázková, M., Sumczynski, D., & Orsavová, J. (2023). Influence of storage conditions on stability of phenolic compounds and antioxidant activity values in nutraceutical mixtures with edible flowers as new dietary supplements. *Antioxidants*, 12(4), 962.
- Nasser, S. (2022). The addition of lemon peel powder affects the properties of yogurt. *J Food Dairy Science*, 13: 65–70.
- Nguyen, L., & Hwang, E. S. (2016). Quality characteristics and antioxidant activity of yogurt supplemented with aronia (*Aronia melanocarpa*) juice. *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(4), 330.
- Qayyum, S., Hayat, I., Rafiq, S., Tariq, H., Waqas, M., Khan, D., Chatta A., Khan M. F., Younas, M. T. (2024). Physicochemical, Functional and Organoleptic Characteristics of Mulberry Based Yogurt Made from Buffalo Milk. *Planta Animalia*, 3(2), 127-133.
- Oszmiański, J., & Wojdyło, A. (2005). Aronia melanocarpa phenolics and their antioxidant activity. *European Food Research and Technology*, 221(6), 809-813.
- Oszmiański, J., & Lachowicz, S. (2016). Effect of the production of dried fruits and juice from chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) on the content and antioxidative activity of bioactive compounds. *Molecules*, 21(8), 1098.
- Pădureț, S., Ghinea, C., Prisacaru, A. E., & Leahu, A. (2024). Physicochemical, textural, and antioxidant attributes of yogurts supplemented with black chokeberry: fruit, juice, and pomace. *Foods*, 13(20), 3231.
- Pateiro, M., Vargas-Ramella, M., Franco, D., da Cruz, A. G., Zengin, G., Kumar, M., ... & Lorenzo, J. M. (2022). The role of emerging 71ogurt71ogies in the dehydration of berries: Quality, bioactive compounds, and shelf life. *Food Chemistry: X*, 16, 100465.
- Pop, C., Suharoschi, R., & Pop, O. L. (2021). Dietary fiber and prebiotic compounds in fruits and vegetables food waste. *Sustainability*, 13(13), 7219.
- Poyraz Engin, S., Mert, C., 2019. Determination of fruit growth in ‘Nero’ and ‘Viking’ aronia cultivars. *Acta Horticulturae* 1265(25):179-186.
- Rashwan, A. K., Osman, A. I., & Chen, W. (2023). Natural nutraceuticals for enhancing 71ogurt properties: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(3), 1907-1931.

- Rehman, M. A. U., Iqbal, F., Tahir, H., Quddoos, M. Y., Ullah, T. S., Fatima, A., Qadeer Z., Batool S. A., Chaudhary F., Naureen, S. (2023). Effect of dietary fiber enrichment on Physicochemical attributes of buffalo milk yoghurt: Effect of Dietary Fiber on Attributes of Buffalo Products. *Pakistan Journal of Health Sciences*, 49-53.
- Samoticha, J., Wojdyło, A., & Lech, K. (2016). The influence of different the drying methods on chemical composition and antioxidant activity in chokeberries. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 484-489.
- Saracila, M., Untea, A. E., Oancea, A. G., Varzaru, I., & Vlaicu, P. A. (2024). Comparative analysis of black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) fruit, leaves, and pomace for their phytochemical composition, antioxidant potential, and polyphenol bioaccessibility. *Foods*, 13(12), 1856.
- Sardar, Z., Ali, U., ul Ain, N., & Yousuf, M. W. (2024). Development and quality evaluation of black mulberry powder fortified yogurt. *Food and Nutrition Insights*, 2(1), 21-29.
- Schmid, V., Steck, J., Mayer-Miebach, E., Behsnilian, D., Briviba, K., Bunzel, M., Karbstein, H. P., Emin, M. A. (2020). Impact of defined thermomechanical treatment on the structure and content of dietary fiber and the stability and bioaccessibility of polyphenols of chokeberry (*Aronia melanocarpa*) pomace. *Food Research International*, 134, 109232.
- Sheikh, S., Siddique, F., Ameer, K., Ahmad, R. S., Hameed, A., Ebad, A., Ahmed I. A. M., Shibli, S. (2023). Effects of white mulberry powder fortification on antioxidant activity, physicochemical, microbial and sensorial properties of yogurt produced from buffalo milk. *Food Science & Nutrition*, 11(1), 204-215.
- Sidor, A., Drożdżyńska, A., & Gramza-Michałowska, A. (2019). Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and its products as potential health-promoting factors-An overview. *Trends in Food Science & Technology*, 89, 45-60.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158.
- Stobiecka, M., Król, J., & Brodziak, A. (2022). Antioxidant activity of milk and dairy products. *Animals*, 12(3), 245.
- Szajnar, K., Pawlos, M., & Znamirska, A. (2021). The Effect of the Addition of Chokeberry Fiber on the Quality of Sheep's Milk Fermented by *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus acidophilus*. *International Journal of Food Science*, 2021(1), 7928745.
- Şahin, A., & Erdoğan, Ü. (2022). Aronia (*Aronia melanocarpa* Michx Elliot) production and evaluation methods in the world and Turkey. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*, 10(1): 81-85

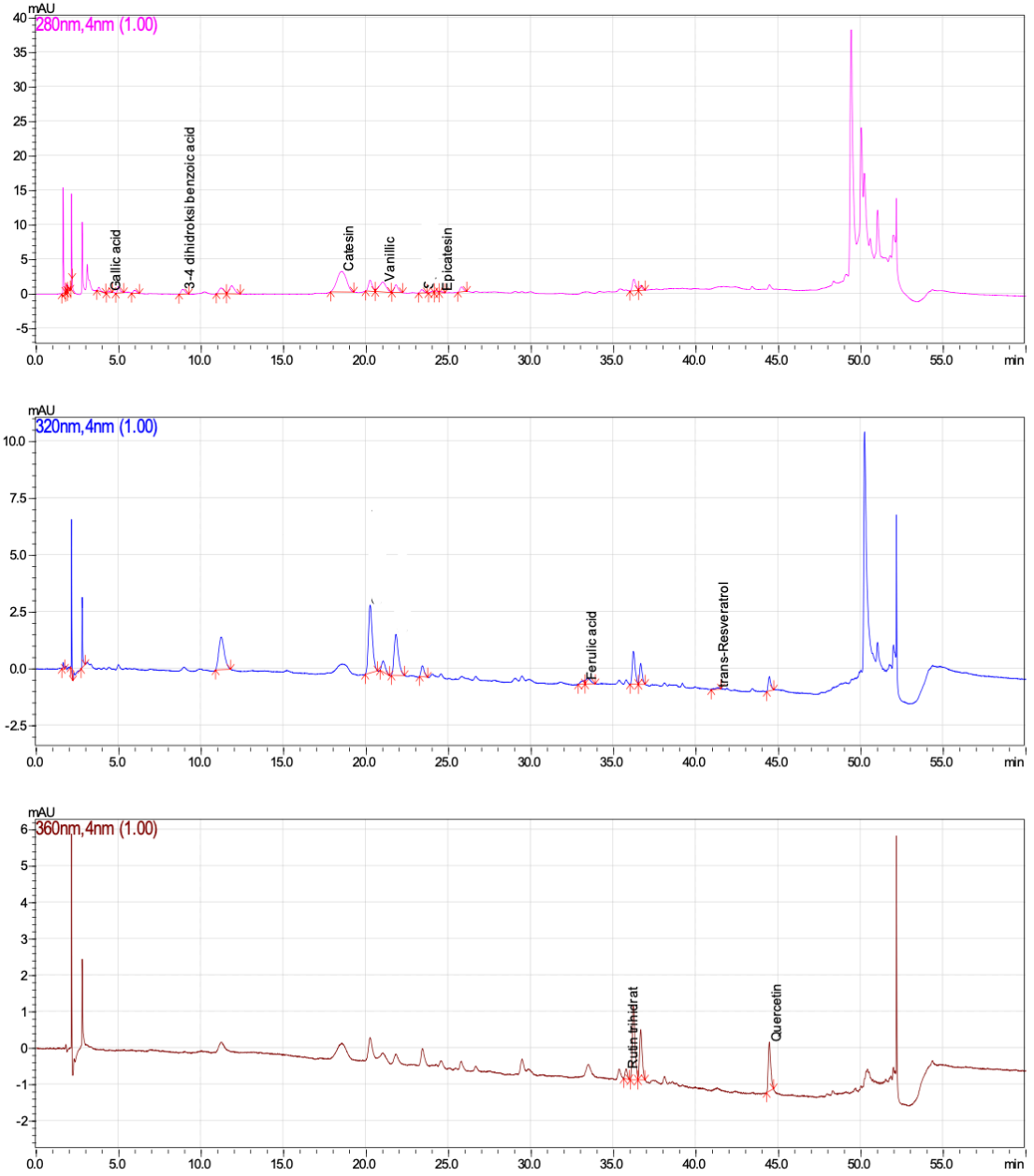
- Şengül, M., Başlar, M., Erkaya, T., Ertugay, M.F. (2009). Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 34 (4), 219-222.
- Tami, S. H., Aly, E., Darwish, A. A., & Mohamed, E. S. (2022). Buffalo stirred yoghurt fortified with grape seed extract: new insights into its functional properties. *Food Bioscience*, 47, 101752.
- Taskin, O. (2020). Evaluation of freeze drying for whole, half cut and puree black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.). *Heat and Mass Transfer*, 56(8), 2503-2513.
- Terzioğlu, M., & Bakırcı, İ. (2023). Effect of banana and ABT-2 probiotic culture use on quality parameters and microstructure of buffalo yoghurt. *Archiv Für Lebensmittelhygiene*, 74(6).
- Terzioğlu, M. E., Arslaner, A., & Bakırcı, İ. (2023). Çilekle zenginleştirilmiş manda yoğurdunun kalite karakteristikleri ile yağ asidi kompozisyonu, Ace inhibitör aktivite ve HMF içeriği bakımından incelenmesi. *Gıda*, 48(2), 381-393.
- Tolić, M. T., Landeka Jurčević, I., Panjkota Krbavčić, I., Marković, K., & Vahčić, N. (2015). Phenolic content, antioxidant capacity and quality of chokeberry (*Aronia melanocarpa*) products. *Food Technology and Biotechnology*, 53(2), 171-179.
- Tripathi, M.; Giri, S. (2014) Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of Functional Foods*, 9, 225–241.
- Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (2022) Tebliğ No: 2022/44
- Uzunsoy, I. (2022). Bioactivity of Aronia Products and The Promising Use of Aronia in Dairy Industry. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*. Pen Academic Publishing. <https://doi.org/10.29329/ijjaar.2022.506.14>
- Vagiri, M., & Jensen, M. (2017). Influence of juice processing factors on quality of black chokeberry pomace as a future resource for colour extraction. *Food Chemistry*, 217, 409-417.
- Vargas-Ramella, M., Pateiro, M., Maggiolino, A., Faccia, M., Franco, D., De Palo, P., & Lorenzo, J. M. (2021). Buffalo milk as a source of probiotic functional products. *Microorganisms*, 9(11), 2303.
- Waterhouse AL (2002). Determination of total phenolics. *Current protocols in food analytical chemistry*. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* 6(1), 11-1.
- Wróblewska, B., Kuliga, A., & Wnorowska, K. (2023). Bioactive dairy-fermented products and phenolic compounds: Together or apart. *Molecules*, 28(24), 8081.
- Xu, J., Li, F., Zheng, M., Sheng, L., Shi, D., & Song, K. (2024). A Comprehensive Review of the Functional Potential and Sustainable Applications of *Aronia melanocarpa* in the Food Industry. *Plants*, 13(24), 3557.

- Xue, H., Zhao, J., Wang, Y., Shi, Z., Xie, K., Liao, X., & Tan, J. (2024). Factors affecting the stability of anthocyanins and strategies for improving their stability: A review. *Food Chemistry: X*, 24, 101883.
- Yapa, D., Rasika, D. M. D., Weerathilake, W. A. D. V., Siriwardhana, J., & Priyashantha, H. (2023). Effects of fermenting with *Lactobacillus rhamnosus* GG on quality attributes and storage stability of buffalo milk yogurt incorporated with bael (*Aegle marmelos*) fruit pulp. *NFS Journal*, 31, 102-109.
- Yuan, B., Danao, M. G. C., Stratton, J. E., Weier, S. A., Weller, C. L., & Lu, M. (2018). High pressure processing (HPP) of aronia berry purée: Effects on physicochemical properties, microbial counts, bioactive compounds, and antioxidant capacities. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, 249-255.
- Zheleva, N., Tzanova, M., & Lazarova, M. (2023). Quality characteristics of yogurt from buffalo milk supplemented with aronia (*aronia melanocarpa*) juice. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, 66(1).

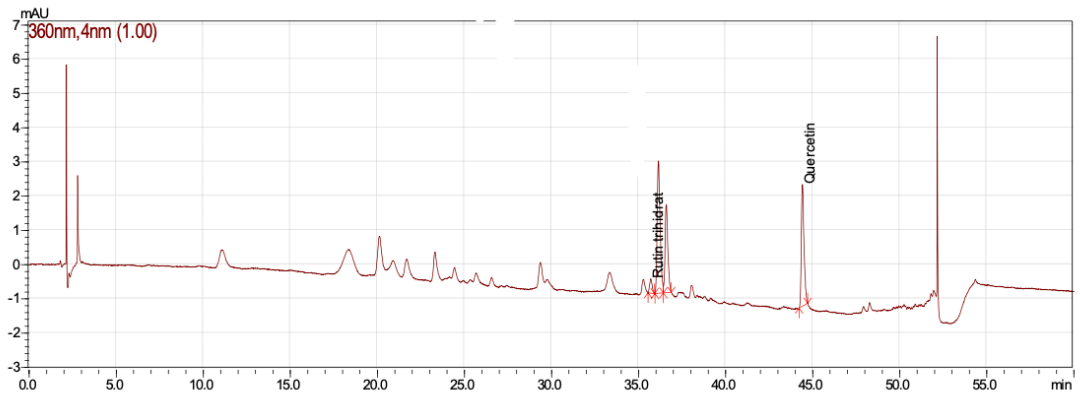
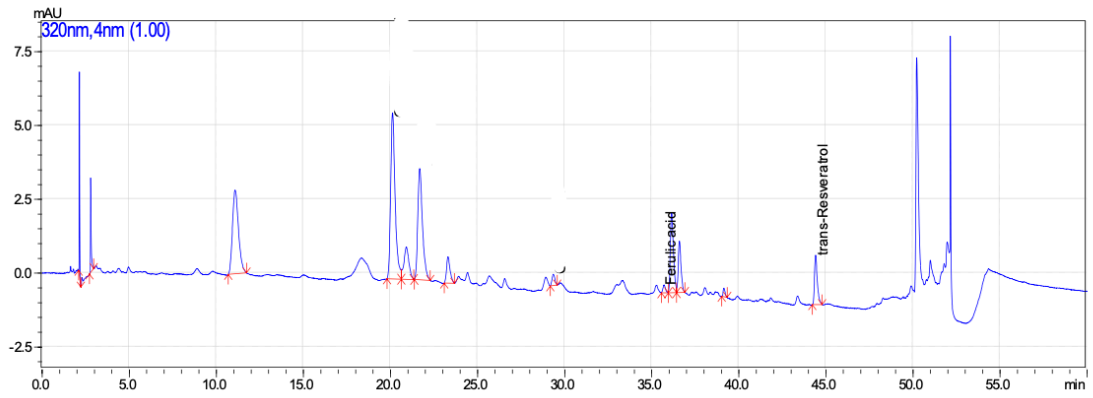
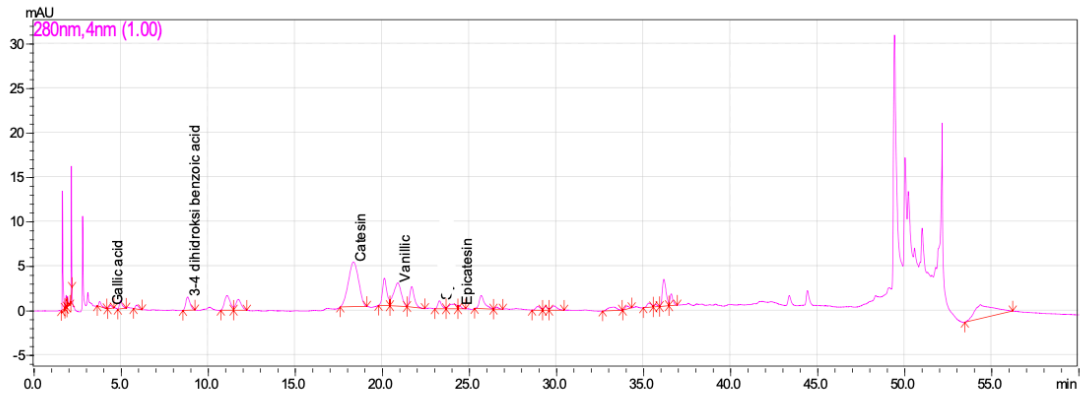
7. EKLER

EK 1 1. Gün fenolik madde HPLC kromotogramları

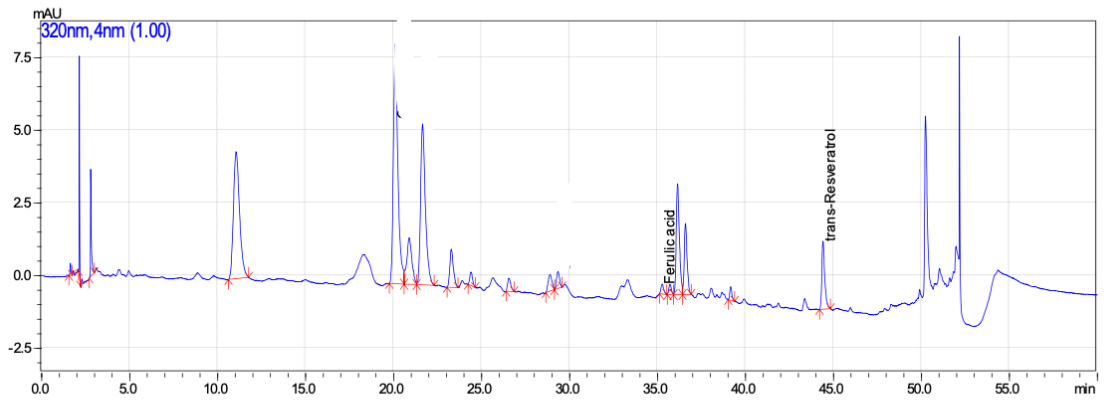
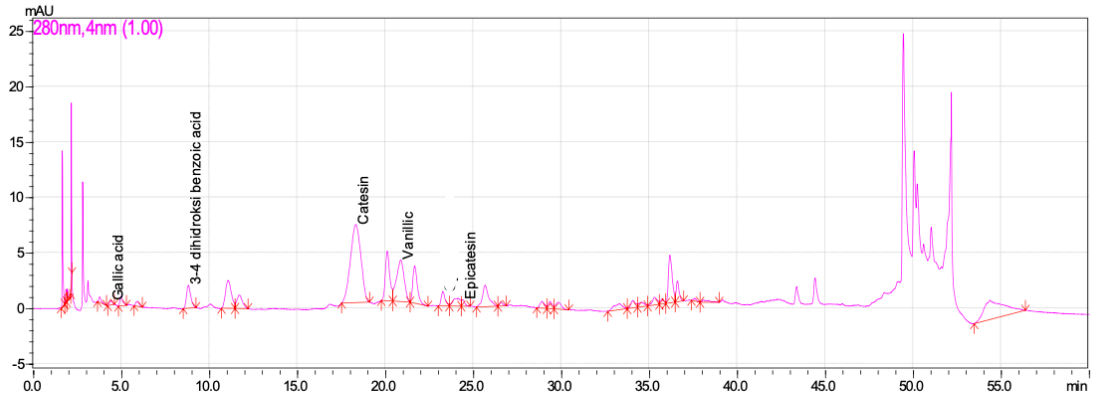
1. Gün %1 aronyalı yoğurt numunesi



1. Gün %2 aronyalı yoğurt numunesi



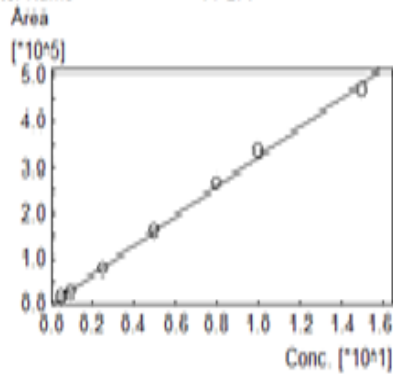
1. Gün %3 aronyalı yoğurt numunesi



EK 2 Fenolik madde standartlarının kalibrasyon grafikleri

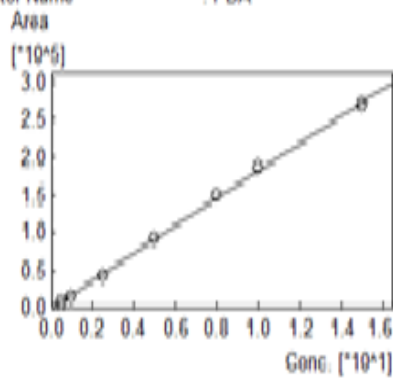
«Calibration Curve»

ID# : 1
 Name : Gallic acid
 Quantitative Method : External Standard
 Function : $f(x)=32156.6 \cdot x+436.522$
 $R_1=0.9987478$ $R_2=0.9974972$
 MeanRF:31548.7 RFSD:1839.7 RFRSD:5.83131
 FitType : Linear
 ZeroThrough : Not Through
 WeightedRegression : None
 Detector Name : PDA



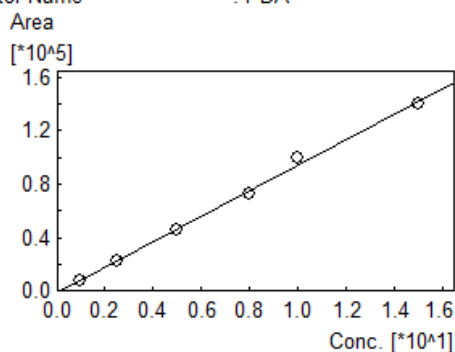
#	Conc.(Ratio)	Area	Area
1	0.500	15779.9	15780
2	1.000	27917.9	27918
3	2.500	77908.3	77908
4	5.000	160765.2	160765
5	8.000	263613.4	263613
6	10.000	337007.1	337007
7	15.000	470889.5	470889

ID# : 2
 Name : 3-4 dihidroksi benzoic acid
 Quantitative Method : External Standard
 Function : $f(x)=18323.8 \cdot x+921.772$
 $R_1=0.9992888$ $R_2=0.9985782$
 MeanRF:17393.8 RFSD:1439.73 RFRSD:8.27723
 FitType : Linear
 ZeroThrough : Not Through
 WeightedRegression : None
 Detector Name : PDA



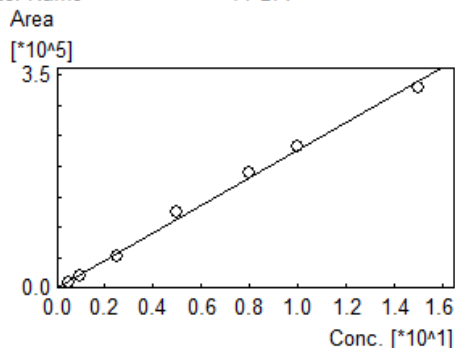
#	Conc.(Ratio)	Area	Area
1	0.500	7928.0	7928
2	1.000	15075.9	15076
3	2.500	42811.5	42812
4	5.000	91444.9	91445
5	8.000	149838.3	149838
6	10.000	187344.0	187344
7	15.000	288006.4	288006

Name : Catesin
 Quantitative Method : External Standard
 Function : $f(x)=9642.97x-1887.3$
 $Rr1=0.9982560$ $Rr2=0.9965150$
 MeanRF:8982.06 RFSD:878.159 RFRSD:9.77681
 FitType : Linear
 ZeroThrough : Not Through
 WeightedRearession : None
 Detector Name : PDA



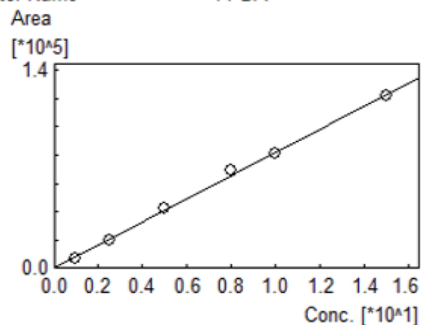
#	Conc (Ratio)	Area	Area
2	1.000	7380.7	7381
3	2.500	22137.8	22138
4	5.000	45865.7	45866
5	8.000	72771.3	72771
6	10.000	100201.4	100201
7	15.000	140502.8	140503

ID# : 4
 Name : Vanillic
 Quantitative Method : External Standard
 Function : $f(x)=22472.8x+2633.31$
 $Rr1=0.9979656$ $Rr2=0.9959353$
 MeanRF:22372.5 RFSD:1747.64 RFRSD:7.81154
 FitType : Linear
 ZeroThrough : Not Through
 WeightedRearession : None
 Detector Name : PDA



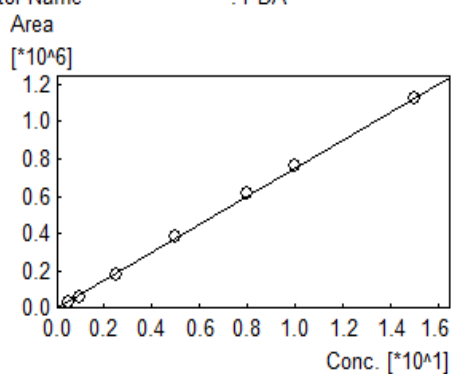
#	Conc (Ratio)	Area	Area
1	0.500	10363.1	10363
2	1.000	20388.3	20388
3	2.500	53352.5	53352
4	5.000	125893.6	125894
5	8.000	190327.6	190328
6	10.000	231529.7	231530
7	15.000	330437.4	330437

Name : Epicatechin
 Quantitative Method : External Standard
 Function : $f(x)=8247.07x-136.683$
 $Rr1=0.9991683$ $Rr2=0.9983373$
 MeanRF:8012.71 RFSD:618.486 RFRSD:7.71881
 FitType : Linear
 ZeroThrough : Not Through
 WeightedRearession : None
 Detector Name : PDA



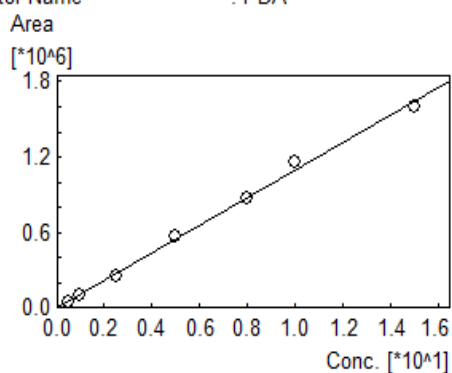
#	Conc (Ratio)	Area	Area
2	1.000	6873.0	6873
3	2.500	19608.7	19609
4	5.000	42207.9	42208
5	8.000	68917.7	68918
6	10.000	81452.0	81452
7	15.000	122374.0	122374

Name : Ferulic acid
 Quantitative Method : External Standard
 Function : $f(x)=75853.1 \cdot x - 4023.75$
 $Rr1=0.9997572$ $Rr2=0.9995145$
 MeanRF:71526.8 RFSD:7259.83 RFRSD:10.1498
 FitType : Linear
 ZeroThrough : Not Through
 WeightedRegression : None
 Detector Name : PDA



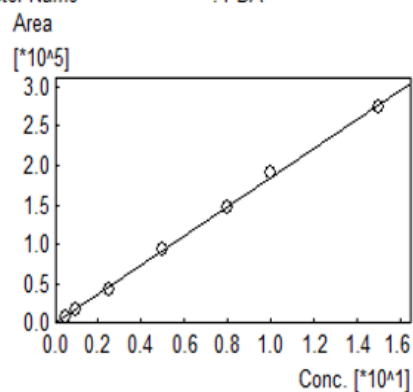
#	Conc(Ratio)	Area	Area
1	0.500	30073.8	30074
2	1.000	61981.8	61982
3	2.500	184607.0	184607
4	5.000	387796.3	387796
5	8.000	610778.0	610778
6	10.000	759411.0	759411
7	15.000	1123014.3	1123014

ID# : 12
 Name : trans-Resveratrol
 Quantitative Method : External Standard
 Function : $f(x)=109703 \cdot x + 785.867$
 $Rr1=0.9981185$ $Rr2=0.9962406$
 MeanRF:106650 RFSD:7203.7 RFRSD:6.75451
 FitType : Linear
 ZeroThrough : Not Through
 WeightedRegression : None
 Detector Name : PDA



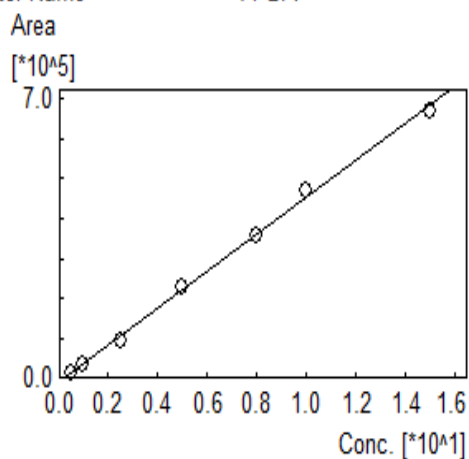
#	Conc(Ratio)	Area	Area
1	0.500	49146.4	49146
2	1.000	100392.3	100392
3	2.500	252479.5	252480
4	5.000	575501.4	575501
5	8.000	867385.5	867386
6	10.000	1164336.3	1164336
7	15.000	1603769.1	1603769

Name : Rutin trihidrat
 Quantitative Method : External Standard
 Function : $f(x)=18555.2 \cdot x-1008.29$
 $Rr1=0.9993724$ $Rr2=0.9987453$
 MeanRF:17759.7 RFSD:1231.48 RFRSD:6.93412
 FitType : Linear
 ZeroThrough : Not Through
 WeightedRearession : None
 Detector Name : PDA



#	Conc (Ratio)	Area	Area
1	0.500	7751.6	7752
2	1.000	17417.0	17417
3	2.500	42542.7	42543
4	5.000	93867.9	93868
5	8.000	148114.9	148115
6	10.000	191148.4	191148
7	15.000	273419.5	273419

Name : Quercetin
 Quantitative Method : External Standard
 Function : $f(x)=46259.2 \cdot x-10318.3$
 $Rr1=0.9989378$ $Rr2=0.9978767$
 MeanRF:39918.6 RFSD:7902.28 RFRSD:19.796
 FitType : Linear
 ZeroThrough : Not Through
 WeightedRearession : None
 Detector Name : PDA



#	Conc (Ratio)	Area	Area
1	0.500	13174.5	13174
2	1.000	32745.9	32746
3	2.500	94494.8	94495
4	5.000	228413.7	228414
5	8.000	359876.1	359876
6	10.000	472211.0	472211
7	15.000	669740.6	669741

